永久磁石同期モータの 120 度通電制御
RL78/G14 実装編

R01AN2659JJ0100
Rev.1.00
2015.03.31

要旨

本アプリケーションノートは RL78G14 マイクロコントローラを使用し、永久磁石同期モータを 120 度通電方式で駆動するサンプルプログラム及び開発支援ツール「In Circuit Scope」のライブラリ使用方法について説明することを目的としています。

サンプルプログラムはあくまで参考用途であり、弊社がこの動作を保証するものではありません。サンプルプログラムを使用する場合、適切な環境で十分な評価をしたうえで御使用下さい。

動作確認デバイス

サンプルプログラムの動作確認は下記のデバイスで行っております。

・RL78G14 (R5F104LEA)

対象サンプルプログラム

本アプリケーションノートの対象サンプルプログラムを下記に示します。

①RL78G14_T2001_SPM_HALL_120_RSPM_CSP_V100

RL78G14 (R5F104LEA) T2001 向けホールセンサ 120 度通電制御サンプルプログラム

(非相補 PWM 方式)

②RL78G14_T2001_SPM_HALL_120_CPM_CSP_V100

RL78G14 (R5F104LEA) T2001 向けホールセンサ 120 度通電制御サンプルプログラム

(相補 PWM 方式)

③RL78G14_T2001_SPM_LESS_120_RSPM_CSP_V100

RL78G14 (R5F104LEA) T2001 向けセンサレス 120 度通電制御サンプルプログラム

(非相補 PWM 方式)

④RL78G14_T2001_SPM_LESS_120_CPM_CSP_V100

RL78G14 (R5F104LEA) T2001 向けセンサレス 120 度通電制御サンプルプログラム

(相補 PWM 方式)

参考資料

RL78G14 グループ　ユーザーズマニュアル　ハードウェア編 (R01UH0186JJ0100)

永久磁石同期モータの 120 度通電制御 アルゴリズム編　(R01AN2657JJ0100)

In Circuit Scope 取扱説明書、ICS を使用するための CS+の設定方法

（下記のサイトからダウンロードしてください）

ダウンロードサイト：http://www.desktoplab.co.jp/download.html

Trial series “T2001” 50W 60VA Low Voltage Inverter Unit User’s Manual

目次

1. 概説 3
2. システム概要 4
3. 制御プログラム説明 12
4. 開発支援ツール「In Circuit Scope」 58

1. 概説

本アプリケーションノートでは、RL78G14 マイクロコントローラを使用した永久磁石同期モータ(PMSM)のベクトル制御サンプルプログラムの実装方法及び開発支援ツール「In Circuit Scope」[注2]のライブラリ使用方法について説明します。なお、このサンプルプログラムは「永久磁石同期モータの 120 度通電制御(アルゴリズム編)」のアルゴリズムを使用しています。

1.1 開発環境

本アプリケーションノート対象サンプルプログラムの開発環境を**表 1-1** に示します。

表 1-1 サンプルプログラムの開発環境

	サンプル ソフト	マイコン	インバータボード	モータ	CS+ バージョン
低電圧版	①,②,③,④	R5F104LEA	T2001 [注1]	FH6S20E-X81 [注3]	V3.00.00

低電圧インバータボード T2001 のご購入、技術サポートにつきましては、弊社営業及び特約店にお問い合わせ下さい。

注：

1. インバータボード T2001 及び開発支援ツール「In Circuit Scope」は、
   株式会社デスクトップラボの製品です。
2. 開発支援ツール「In Circuit Scope」は、株式会社デスクトップラボの製品です。
   株式会社デスクトップラボ(http://www.desktoplab.co.jp/)
3. FH6S20E-X81 は、日本電産サーボ株式会社の製品です。
   日本電産サーボ株式会社(http://www.nidec-servo.com/jp/)

2.　システム概要

本システムの概要を以下に説明します。

2.1　　ハードウェア構成

ハードウェア構成を次に示します。

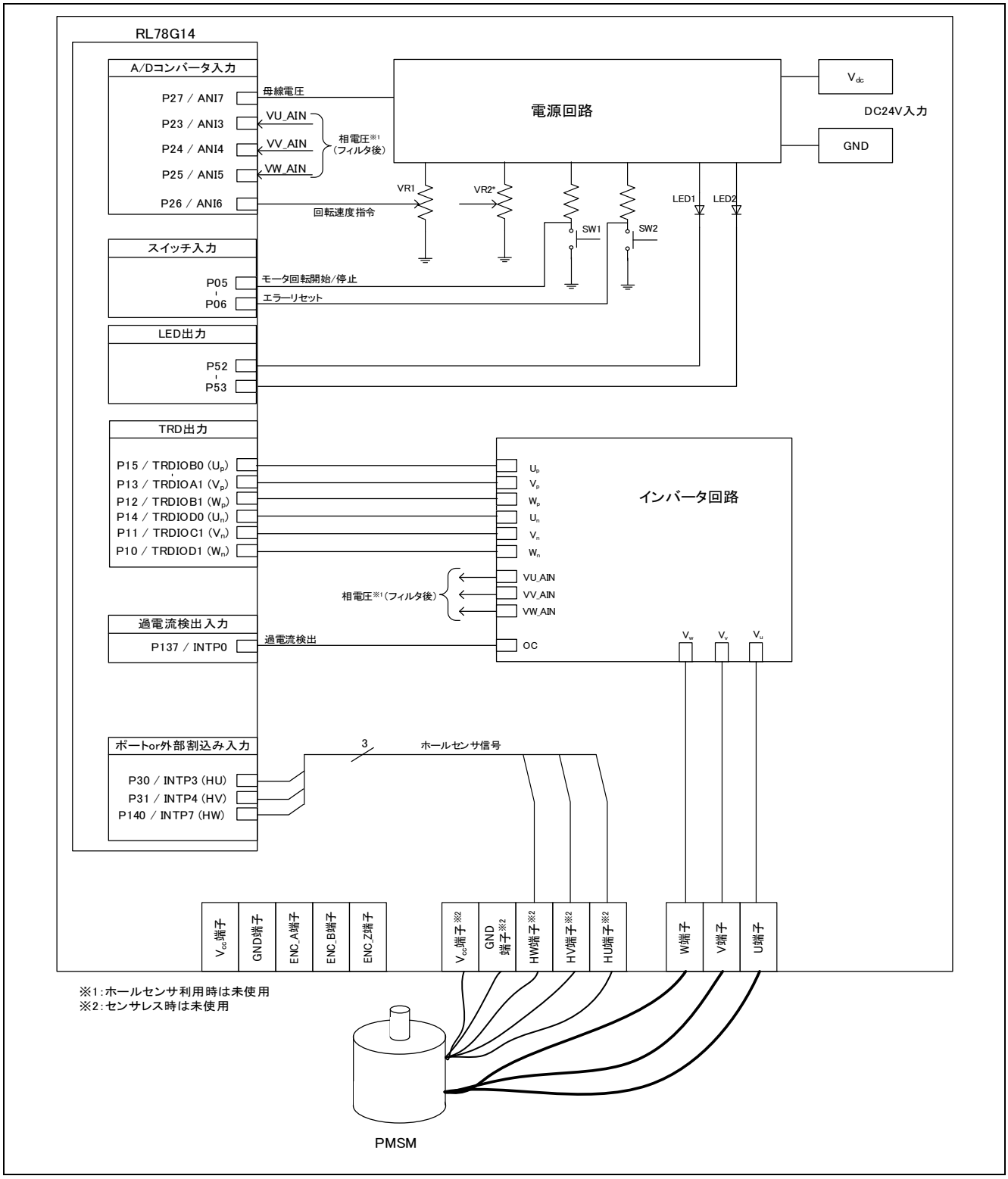


図 2-1 ハードウェア構成図

2.2　ホールセンサとの結線

T2001 低電圧インバータボードは、ホール信号を取得するために別途結線を行う必要があります。以下のように結線を行うことでホールセンサを使っての制御が可能となります。

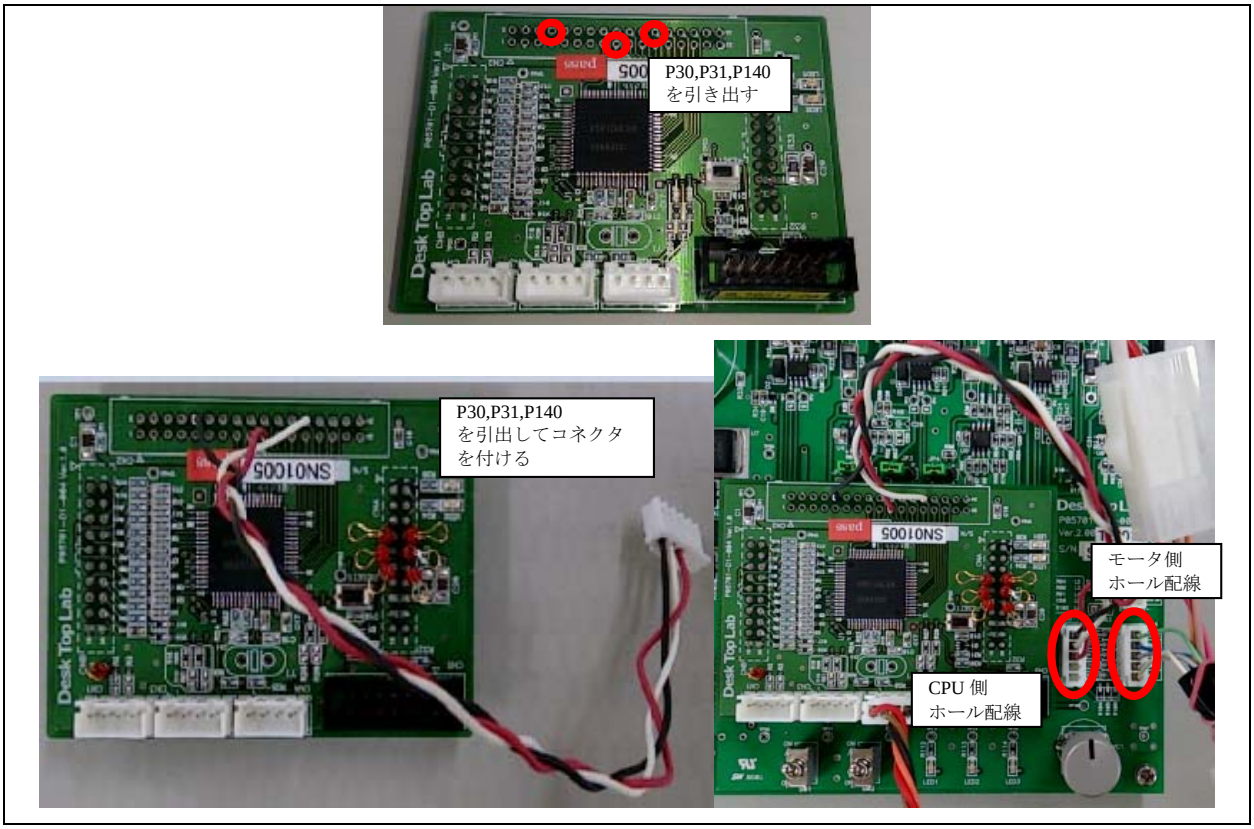


図 2-2 ホールセンサとの結線方法（対象ソフト①、②）

2.3 ハードウェア仕様

2.3.1 ユーザインタフェース

本システムのユーザインタフェース一覧を表 2-1 に示します。

表 2-1 ユーザインタフェース

項　目	インタフェース部品	機　能
回転速度	可変抵抗(VR1)	回転速度指令値入力(アナログ値)
START/STOP	トグルスイッチ(SW1)	モータ回転開始/停止指令
ERROR RESET	トグルスイッチ(SW2)	エラー状態からの復帰指令
LED1	黄緑色 LED	・モータ回転時：点灯 ・停止時：消灯
LED2	黄緑色 LED	・エラー検出時：点灯 ・通常動作時：消灯
RESET	プッシュスイッチ(RESET1)	システムリセット

本システムの RL78G14 マイクロコントローラ端子のインタフェース一覧を**表 2-2** に示します。

表 2-2 端子インタフェース

R5F104LEA 端子名	機　能
P27 / ANI7	インバータ母線電圧測定
P26 / ANI6	回転速度指令値入力用(アナログ値)
P05	START/STOP プッシュスイッチ
P06	ERROR RESET プッシュスイッチ
P52	LED1 点灯／消灯制御
P53	LED2 点灯／消灯制御
P30 / INTP3	ホールセンサ入力(HU)
P31 / INTP4	ホールセンサ入力(HV)
P140 / INTP7	ホールセンサ入力(HW)
P23 / ANI3	U 相電圧測定
P24 / ANI4	V 相電圧測定
P25 / ANI5	W 相電圧測定
P15 / TRDIOB0	PORT or PWM 出力(U_p)
P13 / TRDIOA1	PORT or PWM 出力(V_p)
P12 / TRDIOB1	PORT or PWM 出力(W_p)
P14 / TRDIOD0	PORT or PWM 出力(U_n)
P11 / TRDIOC1	PORT or PWM 出力(V_n)
P10 / TRDIOD1	PORT or PWM 出力(W_n)
P137 / INTP0	過電流検出時の PWM 緊急停止入力
RESET#	RESET

2.3.2　周辺機能

本システムに使用する周辺機能一覧を表 2-3 に示します。

表 2-3 サンプルプログラム別周辺機能対応表

<table>
<tr><th></th><th>A/D コンバータ</th><th>ポート / 外部割り込み</th><th>TAU</th><th colspan="2">タイマ RD</th></tr>
<tr><td>①</td><td>・回転速度指令値入力
・インバータ母線電圧測定</td><td rowspan="2">・ホールセンサ信号入力（位置検出）
・ホールセンサ読み出しと外部割り込み(両エッジ)</td><td rowspan="4">・1 [ms]インターバルタイマ
・回転速度計測用フリーランタイマ</td><td>リセット同期 PWM モード使用の非相補 PWM 出力(6 本)</td><td rowspan="4">過電流検出時、PWM 出力中の端子をハイインピーダンスにする</td></tr>
<tr><td>②</td><td>・回転速度指令値入力
・インバータ母線電圧測定
・U、V、W 相電圧測定</td><td>相補 PWM モード使用の相補 PWM 出力(6 本)</td></tr>
<tr><td>③</td><td>・回転速度指令値入力
・インバータ母線電圧測定</td><td rowspan="2">―</td><td>リセット同期 PWM モード使用の非相補 PWM 出力(6 本</td></tr>
<tr><td>④</td><td>・回転速度指令値入力
・インバータ母線電圧測定
・U、V、W 相電圧測定</td><td>相補 PWM モード使用の相補 PWM 出力(6 本)</td></tr>
</table>

(1)A/D コンバータ

回転速度指令値入力、インバータ母線電圧(V_{dc})、を「A/D コンバータ」を使用して測定します。

A/D 変換はチャネル選択モードを「セレクトモード」に、変換動作モードを「ワンショット変換モード」に設定します。(ソフトウェアトリガを使用)。

(2)タイマ・アレイ・ユニット(TAU)

(a)1 [ms]インターバルタイマ

1 [ms]インターバルタイマは、タイマ・アレイ・ユニット TAU の「インターバルタイマ機能」を使用します。本システムでは、チャネル 0 を使用します。

(b)速度計測用フリーランタイマ

速度計測用フリーランタイマは、タイマ・アレイ・ユニット TAU の「インターバルタイマ機能」を使用します。ただし、割り込みは使用しません。本システムでは、チャネル 1 を使用します。

(3)タイマ RD(TRD)

リセット同期 PWM モードを使用して、鋸波変調、デッドタイムなしの 6 相 PWM 出力を行います。(①, ③)　相補 PWM モードを使用して、三角波変調、デッドタイムありの 6 相 PWM 出力を行います。(②,④)

本システムにおいては周期が 50 [μs]で、”High”アクティブの PWM 出力を実現します。また、パルス出力強制遮断機能を用いて、過電流検出時(INT0 端子に”Low”入力時)は PWM 出力中端子からハイインピーダンス出力を行います。

(4)汎用ポート

モータの磁極位置検出信号(ホールセンサ信号)を汎用ポートに入力します。位置信号のエッジ検出も必要な為、外部割り込みと兼用したポートを選択します。

また、本システムでは、PWM 出力と共に、ポート出力を使用し、モータ制御信号を作成します。

注：

ポートを入力モードから出力モードに切り替える際の注意事項については、
「RL78/G14　ユーザーズマニュアル　ハードウェア編」を参照下さい。

2.4 ソフトウェア構成

2.4.1 ソフトウェア・ファイル構成

サンプルプログラムのフォルダとファイル構成を以下に記します。

表 2-4 サンプルプログラムのフォルダとファイル構成(対象ソフト①)

RL78G14_T2001_SPM_ HALL_120_RSPM_CSP_V100	inc	main.h	メイン関数、ユーザインタフェース制御ヘッダ
		mtr_common.h	共通定義用ヘッダ
		motor_parameter.h	モータ特性依存部ヘッダ
		control_parameter.h	制御特性依存部ヘッダ
		mtr_ctrl_t2001.h	ボード依存処理部ヘッダ
		mtr_ctrl_rl78g14.h	RL78G14依存処理部ヘッダ
		mtr_ctrl_rl78g14_t2001.h	RL78G14＆ボード依存処理部ヘッダ
		mtr_spm_hall_120_rspm.h	ホールセンサ利用120度通電制御依存部ヘッダ
	ics	ics_R5F104LE.h	ICS用ヘッダ
		RL78G14_vector.c	ics_uart用ファイル
		ics_R5F104LE.rel	ICSライブラリ
	src	main.c	メイン関数、ユーザインタフェース制御
		mtr_ctrl_t2001.c	ボード依存処理部
		mtr_ctrl_rl78g14.c	RL78G14依存処理部
		mtr_ctrl_rl78g14_t2001.c	RL78G14＆ボード依存処理部
		mtr_interrupt.c	割り込みハンドラ
		mtr_spm_hall_120_rspm.c	ホールセンサ利用120度通電制御依存部

表 2-5 サンプルプログラムのフォルダとファイル構成(対象ソフト②)

RL78G14_T2001_SPM_ HALL_120_CPM_CSP_V100	inc	main.h	メイン関数、ユーザインタフェース制御ヘッダ
		mtr_common.h	共通定義用ヘッダ
		motor_parameter.h	モータ特性依存部ヘッダ
		control_parameter.h	制御特性依存部ヘッダ
		mtr_ctrl_t2001.h	ボード依存処理部ヘッダ
		mtr_ctrl_rl78g14.h	RL78G14依存処理部ヘッダ
		mtr_ctrl_rl78g14_t2001.h	RL78G14＆ボード依存処理部ヘッダ
		mtr_spm_hall_120_cpm.h	ホールセンサ利用120度通電制御依存部ヘッダ
	ics	ics_R5F104LE.h	ICS用ヘッダ
		RL78G14_vector.c	ics_uart用ファイル
		ics_R5F104LE.rel	ICSライブラリ
	src	main.c	メイン関数、ユーザインタフェース制御
		mtr_ctrl_t2001.c	ボード依存処理部
		mtr_ctrl_rl78g14.c	RL78G14依存処理部
		mtr_ctrl_rl78g14_t2001.c	RL78G14＆ボード依存処理部
		mtr_interrupt.c	割り込みハンドラ
		mtr_spm_hall_120_cpm.c	ホールセンサ利用120度通電制御依存部

表 2-6 サンプルプログラムのフォルダとファイル構成（対象ソフト③）

RL78G14_T2001_SPM_ LESS_120_RSPM_CSP_V100	inc	main.h	メイン関数、ユーザインタフェース制御ヘッダ
		mtr_common.h	共通定義用ヘッダ
		motor_parameter.h	モータ特性依存部ヘッダ
		control_parameter.h	制御特性依存部ヘッダ
		mtr_ctrl_t2001.h	ボード依存処理部ヘッダ
		mtr_ctrl_rl78g14.h	RL78G14依存処理部ヘッダ
		mtr_ctrl_rl78g14_t2001.h	RL78G14＆ボード依存処理部ヘッダ
		mtr_spm_less_120_rspm.h	センサレス120度通電制御依存部ヘッダ
	ics	ics_R5F104LE.h	ICS用ヘッダ
		RL78G14_vector.c	ics_uart用ファイル
		ics_R5F104LE.rel	ICSライブラリ
	src	main.c	メイン関数、ユーザインタフェース制御
		mtr_ctrl_t2001.c	ボード依存処理部
		mtr_ctrl_rl78g14.c	RL78G14依存処理部
		mtr_ctrl_rl78g14_t2001.c	RL78G14＆ボード依存処理部
		mtr_interrupt.c	割り込みハンドラ
		mtr_spm_less_120_rspm.c	センサレス120度通電制御依存部

表 2-7 サンプルプログラムのフォルダとファイル構成（対象ソフト④）

RX62T100_T2001_SPM_ LESS_120_CPM_CSP_V100	inc	main.h	メイン関数、ユーザインタフェース制御ヘッダ
		mtr_common.h	共通定義用ヘッダ
		motor_parameter.h	モータ特性依存部ヘッダ
		control_parameter.h	制御特性依存部ヘッダ
		mtr_ctrl_t2001.h	ボード依存処理部ヘッダ
		mtr_ctrl_rl78g14.h	RL78G14依存処理部ヘッダ
		mtr_ctrl_rl78g14_t2001.h	RL78G14＆ボード依存処理部ヘッダ
		mtr_spm_less_120_cpm.h	センサレス120度通電制御依存部ヘッダ
	ics	ics_R5F104LE.h	ICS用ヘッダ
		RL78G14_vector.c	ics_uart用ファイル
		ics_R5F104LE.rel	ICSライブラリ
	src	main.c	メイン関数、ユーザインタフェース制御
		mtr_ctrl_t2001.c	ボード依存処理部
		mtr_ctrl_rl78g14.c	RL78G14依存処理部
		mtr_ctrl_rl78g14_t2001.c	RL78G14＆ボード依存処理部
		mtr_interrupt.c	割り込みハンドラ
		mtr_spm_less_120_cpm.c	センサレス120度通電制御依存部

2.4.2 モジュール構成

サンプルプログラムのモジュール構成を図 2-3、表 2-8 サンプルプログラムのモジュール構成に示します。

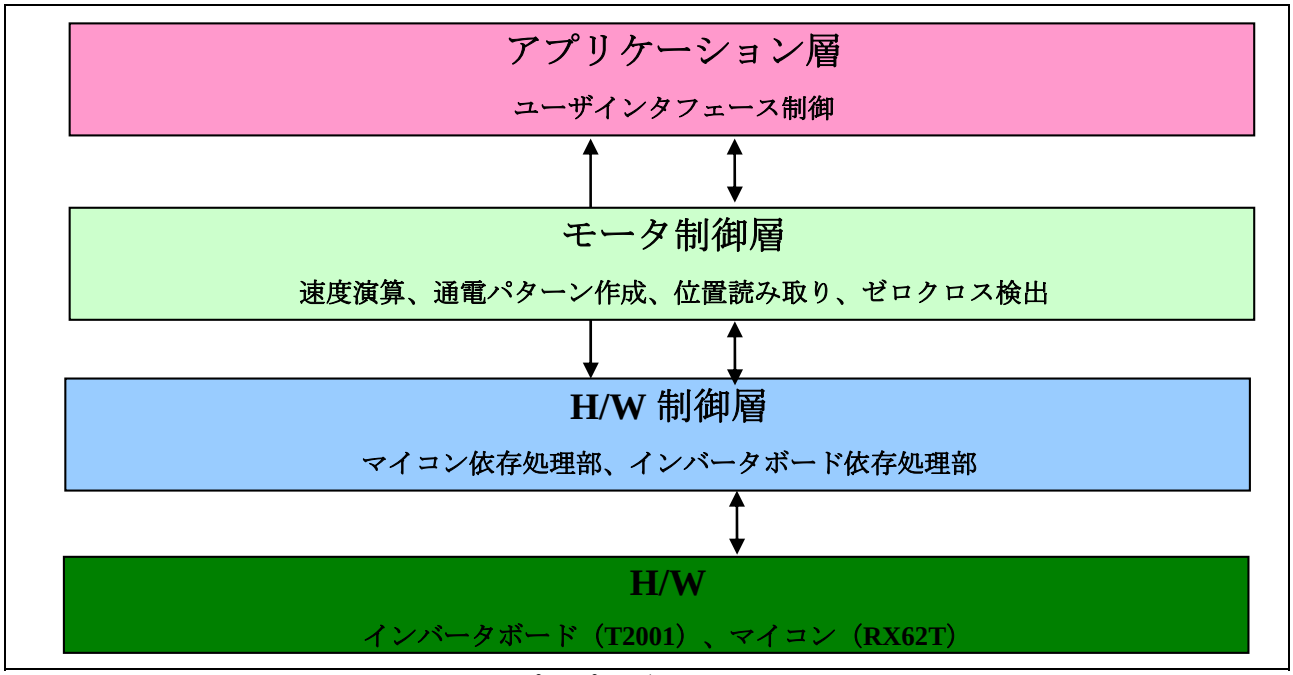


図 2-3 サンプルプログラムのモジュール構成

表 2-8 サンプルプログラムのモジュール構成

	①	②	③	④
アプリケーション層	main.c	main.c	main.c	main.c
モータ制御層	mtr_spm_hall_120_rspm.c	mtr_spm_hall_120_cpm.c	mtr_spm_less_120_rspm.c	mtr_spm_less_120_cpm.c
H/W 制御層	mtr_ctrl_rl78g14.c mtr_ctrl_t2001.c mtr_ctrl_ rl78g14_t2001.c	mtr_ctrl_ rl78g14.c mtr_ctrl_t2001.c mtr_ctrl_ rl78g14_t2001.c	mtr_ctrl_ rl78g14.c mtr_ctrl_t2001.c mtr_ctrl_rl78g14_t2001.c	mtr_ctrl_ rl78g14.c mtr_ctrl_t2001.c mtr_ctrl_ rl78g14_t2001.c

2.5　ソフトウェア仕様

本アプリケーションノート対象ソフトの基本仕様を下記に示します。120 度通電制御の詳細に関しては「永久磁石同期モータの 120 度通電制御理論(アルゴリズム編)」を参照してください。

表 2-9 ソフトウェア基本仕様（対象ソフト①、②）

項目	内容
制御方式	120 度通電方式(前半 60 度チョッピング)
モータ回転開始/停止	SW1(P91)のレベルにより判定(”Low”：回転開始 “High”：停止) ICS から入力[注1]
回転子磁極位置検出	ホールセンサによる位置検出(60 度毎)
キャリア周波数(PWM)	20 [kHz]
制御周期	ホール割り込み毎(速度 PI 制御は 3 [ms]毎)
回転速度制御範囲	CW/CCW 共に　600 [rpm] ～ 2000 [rpm]
保護停止処理	・以下 4 つのうちいずれかの条件の時、モータ制御信号出力(6 本)を非アクティブにする 1.インバータ母線電圧が 28 [V]を超過(50[μs]毎に監視) 2.回転速度が 2500 [rpm]を超過(50[μs]毎に監視) 3.モータ駆動時、ホールセンサ割り込みが 20 [ms]間未発生 4.ホールセンサのエラーパターンを検出 ・外部からの過電流検出信号(INTP0 端子にローレベル入力)及び出力短絡を検出した場合、PWM 出力中端子をハイインピーダンスにする

注：

1. 詳細に関しては「4.開発支援ツール「In Circuit Scope」」を参照してください。

表 2-10 ソフトウェア基本仕様（対象ソフト③、④）

項目	内容
制御方式	120 度通電方式(前半 60 度チョッピング)
モータ回転開始/停止	SW1(P91)のレベルにより判定(”Low”：回転開始 “High”：停止) ICS から入力[注1]
回転子磁極位置検出	誘起電圧による位置検出(60 度毎)
キャリア周波数(PWM)	20 [kHz]
制御周期	・キャリア周期毎に誘起電圧からゼロクロス判定を行う ・パターン切り替え時、PWM デューティ設定と通電パターンの決定を行う ・速度 PI 制御は 3 [ms]毎
回転速度制御範囲	CW/CCW 共に　600 [rpm] ～ 2000 [rpm]
保護停止処理	・以下 4 つのうちいずれかの条件の時、モータ制御信号出力(6 本)を非アクティブにする 1.インバータ母線電圧が 28 [V]を超過(50[μs]毎に監視) 2.回転速度が 2500 [rpm]を超過(50[μs]毎に監視) 3.センサレス駆動時、ゼロクロス検出が 20 [ms]間未発生 4.仮想ホールセンサパターン(位置情報)の異常検出 ・外部からの過電流検出信号(INTP0 端子にローレベル入力)及び出力短絡を検出した場合、PWM 出力端子をハイインピーダンスにする

注：

1. 詳細に関しては「4.開発支援ツール「In Circuit Scope」」を参照してください。

3. 制御プログラム説明

本アプリケーションノートの対象サンプルプログラムについて説明します。

3.1 制御内容

3.1.1 モータ起動/停止

モータの起動と停止は、SW1 と VR1 からの入力によって制御します。

SW1 には汎用ポート(P05)が割り当てられ、メイン・ループ内で、P05 端子を読み、”Low”レベルのときスタートスイッチが押されていると判断し、逆に”High”レベルのときはモータを停止すると判断します。

また、VR1 にはアナログ入力端子(ANI6)が割り当てられ、その入力をメイン・ループ内で A/D 変換し、回転速度指令値を作成します(回転速度指令値の作成については 3.1.3 で示します) 。その回転速度指令値が 550 [rpm]未満のときはモータ停止と判断します。

3.1.2 モータ回転速度指令値、インバータ母線電圧、モータ３相電圧

(1)モータ回転速度指令値

VR1 の出力値(アナログ値)を A/D 変換、または ICS から入力することによってモータの回転速度指令値を設定します。A/D 変換された VR1 の値は、下記のように、回転速度指令値として使用します。

表 3-1 回転速度指令値の変換比

項　目	サンプルソフト	変換比 (指令値：A/D 変換値)		チャネル
回転速度指令値	①,②,③,④	CW	0 [rpm]～2048[rpm]：0200H～03FFH	ANI6
		CCW	0 [rpm]～2048[rpm]：01FFH～0000H	

(2)インバータ母線電圧

下記のように、インバータ母線電圧を測定します。変調率の算出と過電圧検出(異常時は PWM 停止)に使用します。

表 3-2 インバータ母線電圧の変換比

項　目	サンプルソフト	変換比 (インバータ母線電圧：A/D 変換値)	チャネル
インバータ母線電圧	①,②,③,④	0 [V]～111 [V]：0000H～03FFH	ANI7

(3)U 相、V 相、W 相電圧

下記のように、U、V、W 相電圧を測定し、ゼロクロス判定に使用します。

表 3-3 U、V、W 相の変換比

項　目	サンプルソフト	変換比 (U 相、V 相、W 相電圧：A/D 変換値)	チャネル
U 相、V 相、W 相電圧	①,②	－	
	③,④	0 [V]～111 [V]：0000H～03FFH	ANI3 ANI4 ANI5

3.1.3　速度制御

本システムでのモータ回転速度は、コンペアマッチタイマのチャネル 1 のタイマをフリーランニングさせ、ホールセンサ信号による外部割り込み発生時、またはゼロクロスを検出後パターン切り替え時にタイマ値を取り込み、2π [rad]前の取り込み値との差分から演算します。速度演算結果に対しては LPF(ローパスフィルタ)処理を行います。

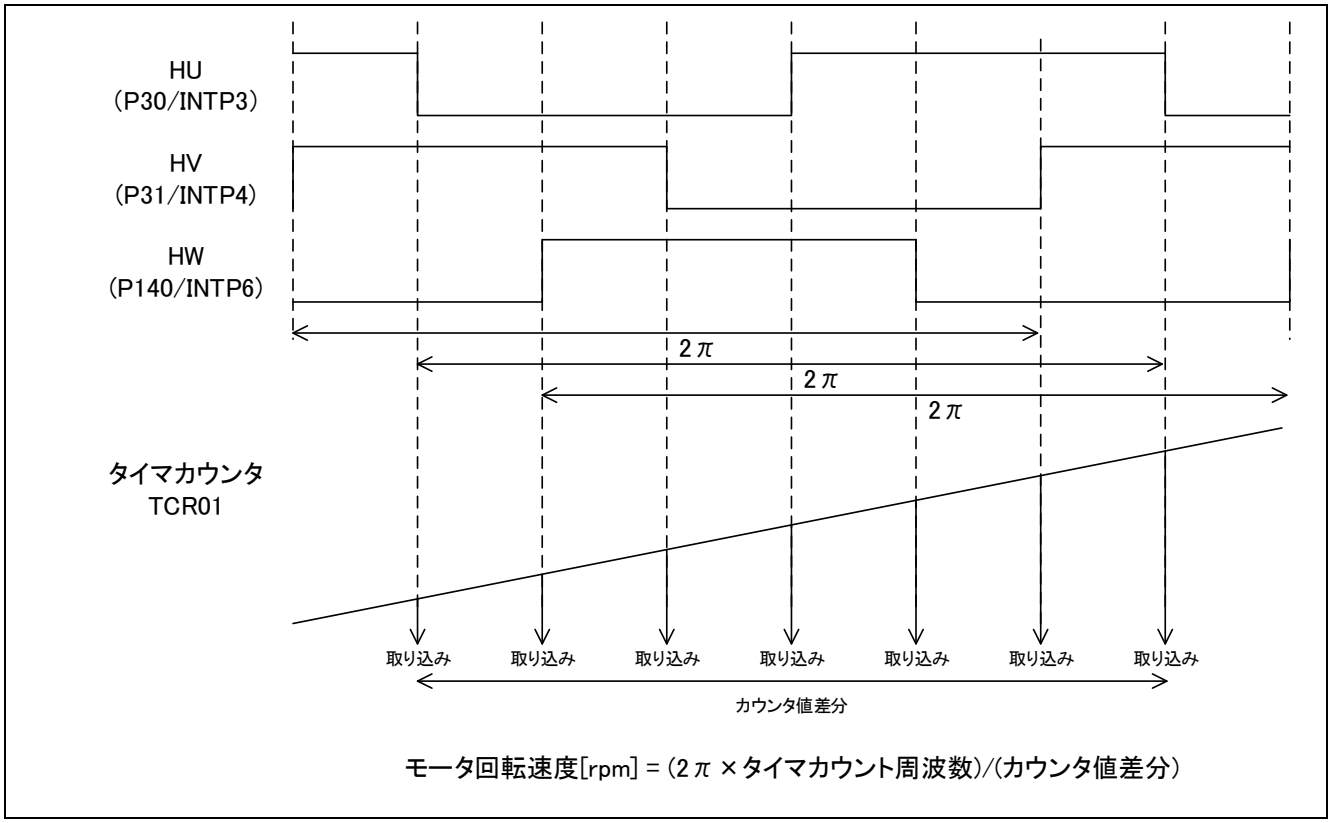


図 3-1 モータ回転速度の演算方法

本アプリケーションノート対象ソフトでの速度制御は、PI 制御によって行います。下記の速度 PI 制御によって電圧指令値を得ます。

$$v^* = (K_{P\omega} + \frac{K_{I\omega}}{s})(\omega^* - \omega)$$

v^* : 電圧指令値　　ω^* : 速度指令値　　ω : 回転速度

$K_{P\omega}$: 速度PI比例ゲイン　　$K_{I\omega}$: 速度PI積分ゲイン　　s : ラプラス演算子

PI 制御の詳細については、専門書を参照してください。

3.1.4　PWM による電圧制御

出力電圧の制御には PWM 制御を使用しています。PWM 制御とは、図 3-2 のように、パルスのデューティを変化させることで平均電圧を調整していく制御方式です。

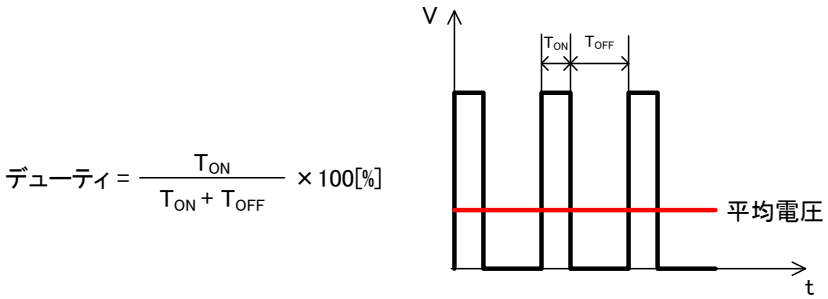


図 3-2 PWM 制御

ここで、変調率 m を以下のように定義します。

$$m = \frac{V}{E}$$

m : 変調率　　V : 指令値電圧　　E : インバータ母線電圧

この変調率を、PWM デューティを決めるレジスタの設定値に反映させます。

また、本アプリケーションノート対象ソフトでは、前半 60 度チョッピングを採用し、出力電圧及び速度の制御を行っています。図 3-3、図 3-4 に、非相補と相補の前半 60 度チョッピング時のモータ制御信号出力波形例を示します。

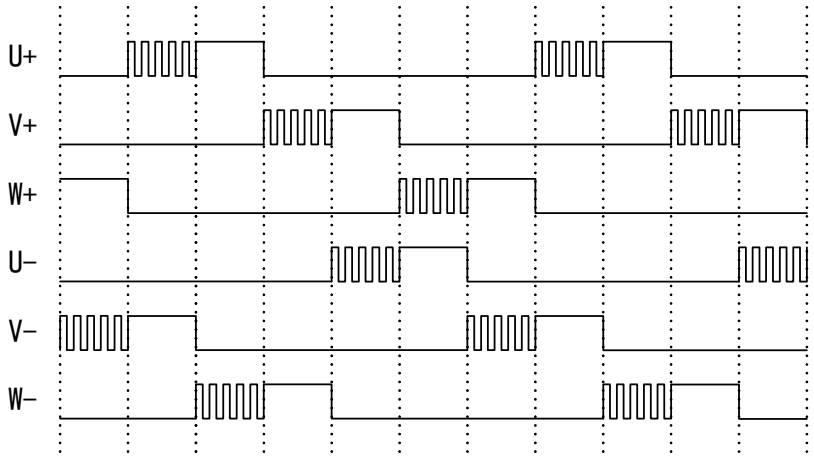


図 3-3 前半 60 度チョッピング（対象ソフト①、②）

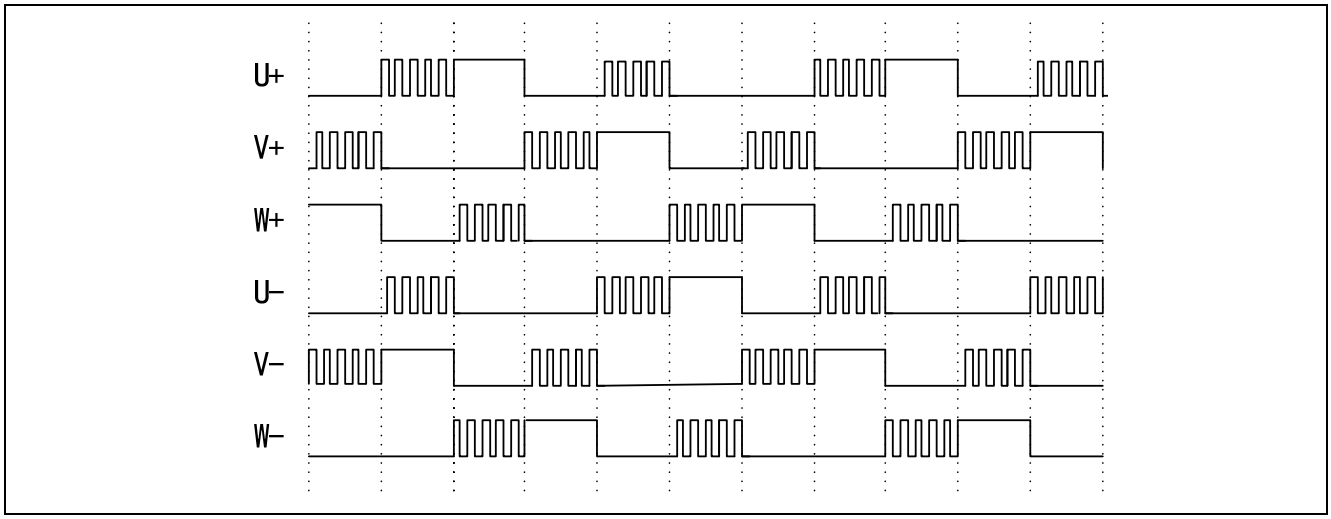


図 3-4 相補前半 60 度チョッピング（対象ソフト②、④）

3.1.5 センサレス制御時の始動方法

誘起電圧は永久磁石が回転していないと発生しません。つまり、センサレス制御における始動時は誘起電圧を使用して磁石の位置を推定することができません。

そのため、始動方法として、永久磁石の位置にかかわらず、強制的に通電パターンを変化させることで回転磁界を発生させ、切替え速度まで回転させる方法があります。

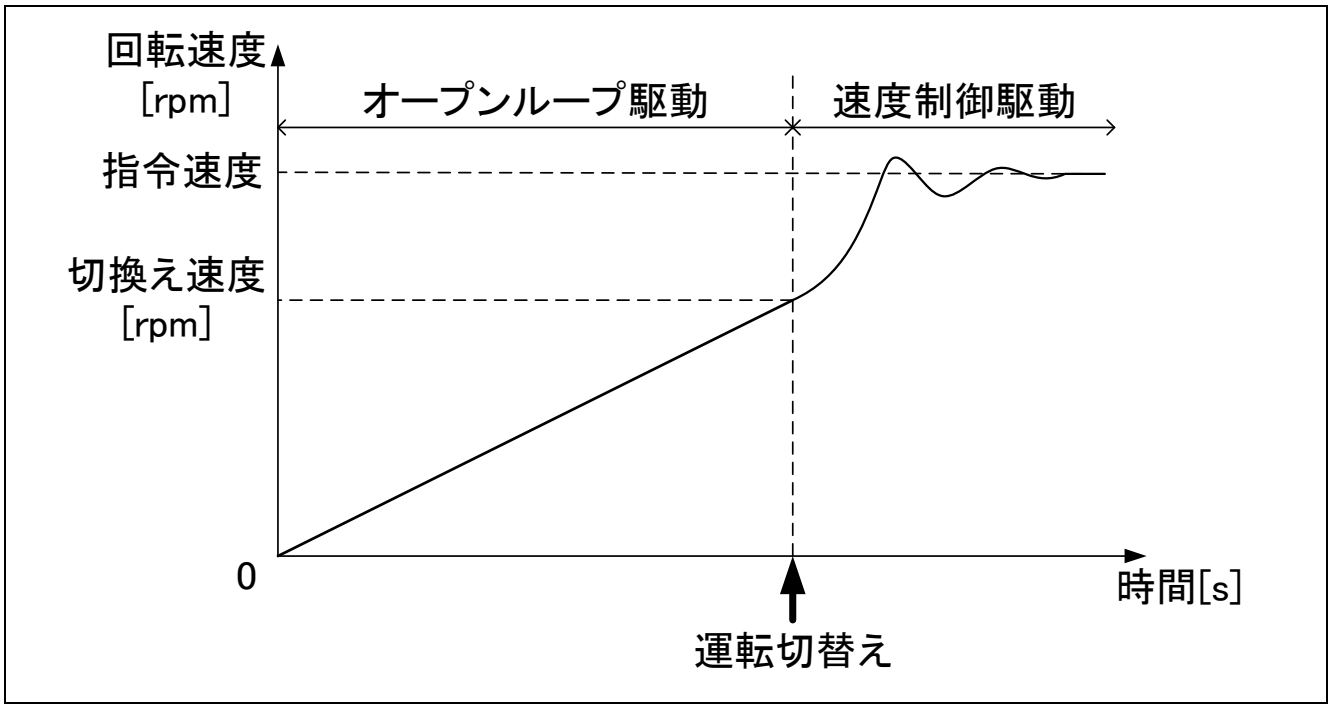


図 3-5 始動方法例

3.1.6　状態遷移

図 3-6 と図 3-7 に 120 度通電制御制御ソフトにおける状態遷移図を示します。

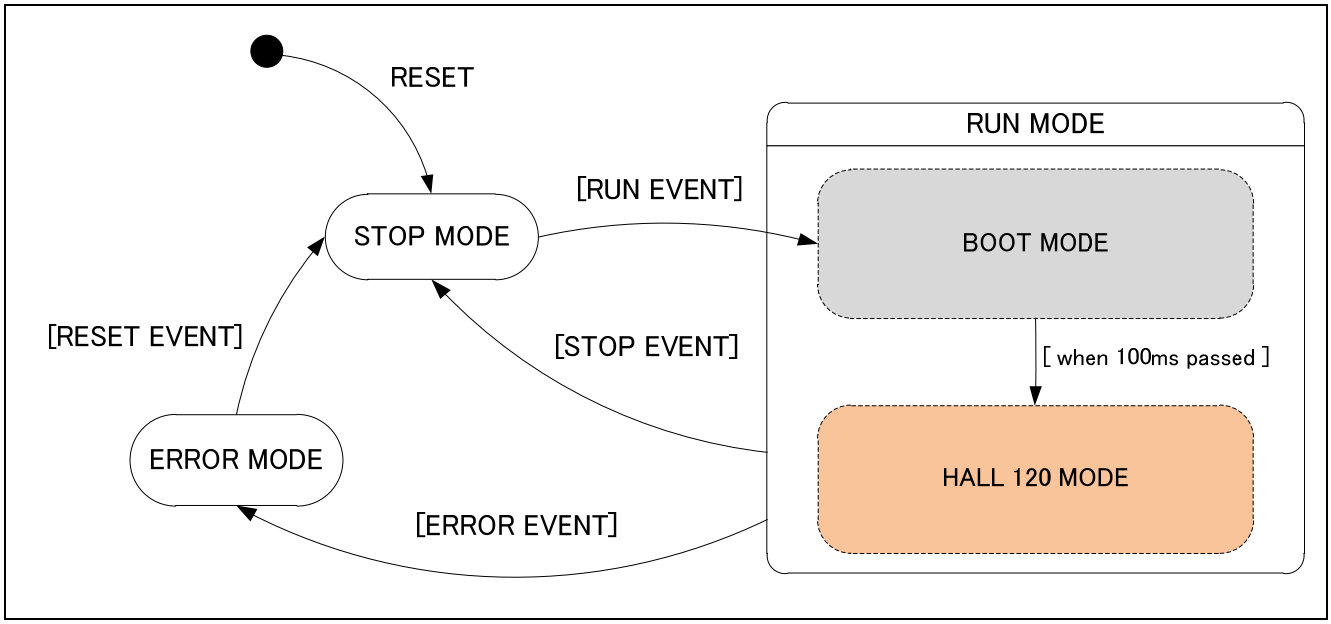


図 3-6 ホールセンサ利用 120 度通電制御ソフトの状態遷移図（対象ソフト①, ②）

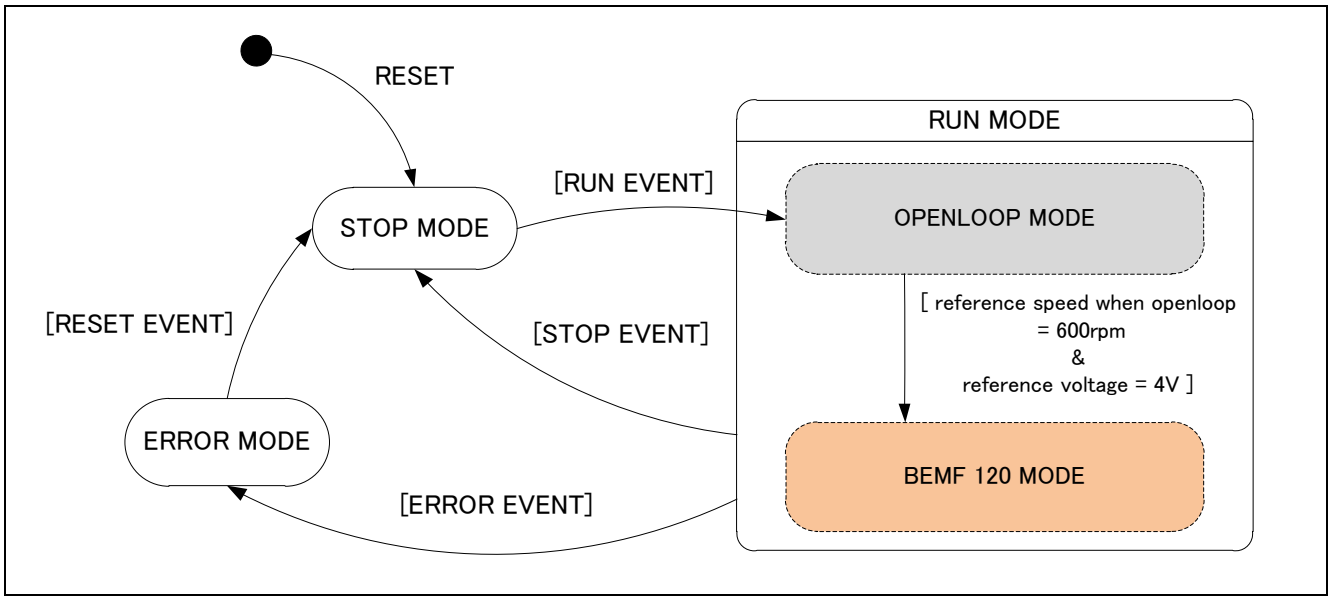


図 3-7 センサレス 120 度通電制御ソフトの状態遷移図（対象ソフト③, ④）

3.1.7 システム保護機能

本システムは、以下のエラー状態を持ち、それぞれの場合に緊急停止機能を実現しています。システム保護機能に関わる各設定値は表 3-4 を参照してください。

・過電流エラー

ハードウェアからの緊急停止信号(過電流検出)により、PWM 出力中端子にハイインピーダンス状態にします。

・過電圧エラー

過電圧監視周期でインバータ母線電圧を監視し、過電圧(過電圧リミット値を超過)を検出した時に、緊急停止します。ここで、過電圧リミット値は抵抗値の誤差と AC アダプタ等による供給電圧の誤差を考慮して設定した値です。

・低電圧エラー

低電圧監視周期でインバータ母線電圧を監視し、低電圧(低電圧リミット値を下回る)を検出した時に、緊急停止します。ここで、低電圧リミット値は抵抗値の誤差と AC アダプタ等による供給電圧の誤差を考慮して設定した値です。

・回転速度異常エラー

回転速度監視周期で速度を監視し、速度リミット値を超過した場合、緊急停止します。

・タイムアウトエラー

タイムアウト時間ホールセンサ信号検出またはゼロクロス検出によるパターン切り替えが発生しない場合、緊急停止します。

・ ホールセンサ信号パターンエラー（対象ソフト①、②のみ）

ホールセンサ割り込み処理毎にホールセンサ信号のパターンを監視し、エラーパターンを検出した場合、緊急停止します。

・仮想ホールセンサパターン(位置情報)の異常検出（対象ソフト③、④のみ）

U、V、W 各相電圧から作る仮想ホールセンサパターン(位置情報)の異常を検出した場合、緊急停止します。

表 3-4 各システム保護機能設定値

		①, ②, ③, ④
過電流エラー	過電流リミット値 [A]	5
過電圧エラー	過電圧リミット値 [V]	28
	監視周期 [μs]	50
低電圧エラー	低電圧リミット値 [V]	10
	監視周期 [μs]	50
回転速度異常エラー	速度リミット値 [rpm]	2500
	監視周期 [μs]	50
タイムアウトエラー	タイムアウト時間[ms]	20

3.2　120 度通電制御ソフト関数仕様(対象ソフト①、②)

本制御プログラムでは、複数の制御関数を使用しています。制御関数の一覧を以下に示します。

より詳細な処理については、フローチャート、またはソースファイルを参照してください。

表 3-5 制御関数一覧(1/5)

ファイル名	関数概要	処理概要
main.c	main() 入力：なし 出力：なし	・ハードウェア初期化関数呼び出し ・ユーザインタフェース初期化関数呼び出し ・メイン処理使用変数初期化関数呼び出し ・状態遷移及びイベント実行関数呼び出し ・メイン処理 ⇒メイン処理実行関数呼び出し ⇒ウォッチドッグタイマクリア関数呼び出し
	ctrl_ui() 入力：なし 出力：なし	・モータステータスの変更 ・回転速度指令値と回転方向の決定
	ics_ui() 入力：なし 出力：なし	・モータステータスの変更 ・回転速度指令値と回転方向の決定
	software_init() 入力：なし 出力：なし	メイン処理にて使用する変数の初期化
mtr_ctrl_t2001.c	get_vr1() 入力：なし 出力：(uint16) ad_data / A/D 変換結果	A/D 変換実行関数呼び出し
	get_sw1() 入力：なし 出力：(uint8) tmp_port / SW1 のレベル	SW1 の状態を取得
	get_sw2() 入力：なし 出力：(uint8) tmp_port / SW2 のレベル	SW2 の状態を取得
	led1_on() 入力：なし 出力：なし	LED1 の点灯
	led2_on() 入力：なし 出力：なし	LED2 の点灯
	led1_off() 入力：なし 出力：なし	LED1 の消灯
	led2_off() 入力：なし 出力：なし	LED2 の消灯

表 3-6 制御関数一覧(2/5)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_spm_hall_120_rspm.c mtr_spm_hall_120_cpm.c	R_MTR_InitSequence() 入力：なし　出力：なし	シーケンス処理の初期化
	R_MTR_ExecEvent() 入力：(uint8)u1_event / 発生イベント 出力：なし	・ステータスの変更を行う ・発生イベントに対して、適切な処理の実行関数を呼び出し
	mtr_act_run () 入力：(uint8)u1_state / モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	・モータ起動時変数初期化関数呼び出し ・モータ制御開始関数呼び出し ・通電パターン決定関数呼び出し
	mtr_act_stop () 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	モータ制御終了関数呼び出し
	mtr_act_none () 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	処理はなし
	mtr_act_reset () 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	グローバル変数の初期化
	mtr_act_error() 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	モータ制御終了関数呼び出し
	mtr_pattern_set() 入力：なし 出力：なし	・速度計測関数呼び出し ・ホールセンサパターン取得 ・通電パターンの決定 ・モータ制御信号作成関数呼び出し
	mtr_speed_calc () 入力：なし　出力：なし	速度計測演算処理
	mtr_start_init () 入力：なし　出力：なし	モータ起動時に必要な変数だけ初期化
	mtr_pi_ctrl () 入力：MTR_PI_CTRL *pi_ctrl/ PI 制御用構造体 出力：(int32)s2_ref / PI 制御出力値	速度 PI 制御
	mtr_set_variables () 入力：なし　出力：なし	変数の更新
	R_MTR_IcsInput() 入力：ics_input / ics 関連変数の構造体 出力：なし	ics から入力された値の取得
	R_MTR_SetSpeed () 入力：(int16)ref_speed / 回転速度指令値 出力：なし	回転速度指令値の設定
	R_MTR_SetDir() 入力：(uint8)dir / 回転方向指令値 出力：なし	回転方向の設定
	R_MTR_GetSpeed () 入力：なし 出力：(int16)s2_speed_rpm / 回転速度演算値	回転速度演算値(電気角)の取得
	R_MTR_GetDir() 入力：なし　出力：なし	回転方向情報の取得
	R_MTR_GetStatus () 入力：なし 出力：(uint8)g_u1_mode_system / モータステータス	モータステータスを取得
	mtr_error_check() 入力：なし　出力：なし	エラーの監視と検出

表 3-7 制御関数一覧(3/5)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_interrupt.c	mtr_hall_interrupt () 入力：なし 出力：なし	通電パターン決定関数呼び出し
	mtr_over_current_interrupt () 入力：なし 出力：なし	・モータステータス変更 ・イベント処理選択関数呼び出し ・パルス出力強制遮断フラグクリア関数呼び出し
	mtr_tau0_interrupt () 入力：なし 出力：なし	・BOOT モード時間計測 ・3 [ms]毎に速度 PI 制御関数呼び出し
	mtr_carrier_interrupt () 入力：なし 出力：なし	・モータ回転停止待ち ・エラーチェック関数呼び出し

表 3-8 制御関数一覧(4/5)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_ctrl_rl78g14.c	R_MTR_InitHardware () 入力：なし 出力：なし	周辺機能の初期化
	mtr_init_clock() 入力：なし 出力：なし	クロック周波数の初期化
	mtr_init_tau() 入力：なし 出力：なし	タイマ TAU 初期化
	mtr_init_intp() 入力：なし 出力：なし	外部割込み INTP 初期化
	clear_wdt() 入力：なし 出力：なし	WDT クリア
	mtr_clear_oc_flag() 入力：なし 出力：なし	ハイインピーダンス状態解除
	mtr_clear_trd0_imfa() 入力：なし 出力：なし	割り込みフラグクリア

表 3-9 制御関数一覧(5/5)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_ctrl_rl78g14_t2001.c	mtr_init_trd() 入力：なし 出力：なし	タイマ TRD 初期化
	mtr_init_ad_converter() 入力：なし 出力：なし	A/D 変換器の初期化
	init_ui() 入力：なし 出力：なし	ユーザ使用周辺機能の初期化
	mtr_ctrl_start () 入力：なし 出力：なし	モータ起動処理
	mtr_ctrl_stop() 入力：なし 出力：なし	モータ停止処理
	mtr_change_pattern() 入力：(uint8)pattern / 通電パターン 出力：なし	・通電パターンの設定 ・通電パターンエラー時にモータステータス変更 ・イベント処理選択関数呼び出し
	mtr_get_adc() 入力：A/D チャンネル 出力：(uint8)s2_temp	A/D 変換

3.3　120 度通電制御ソフト関数仕様(対象ソフト③、④)

本制御プログラムでは、複数の制御関数を使用しています。制御関数の一覧を以下に示します。

より詳細な処理については、フローチャート、またはソースファイルを参照してください。

表 3-10 制御関数一覧(1/5)

ファイル名	関数概要	処理概要
main.c	main() 入力：なし 出力：なし	・ハードウェア初期化関数呼び出し ・ユーザインタフェース初期化関数呼び出し ・メイン処理使用変数初期化関数呼び出し ・状態遷移及びイベント実行関数呼び出し ・メイン処理 ⇒メイン処理実行関数呼び出し ⇒ウォッチドッグタイマクリア関数呼び出し
	ctrl_ui() 入力：なし 出力：なし	・モータステータスの変更 ・回転速度指令値と回転方向の決定
	ics_ui() 入力：なし 出力：なし	・モータステータスの変更 ・回転速度指令値と回転方向の決定
	software_init() 入力：なし 出力：なし	メイン処理にて使用する変数の初期化
mtr_ctrl_t2001.c	get_vr1() 入力：なし 出力：(uint16) ad_data / A/D 変換結果	A/D 変換実行関数呼び出し
	get_sw1() 入力：なし 出力：(uint8) tmp_port / SW1 のレベル	SW1 の状態を取得
	get_sw2() 入力：なし 出力：(uint8) tmp_port / SW2 のレベル	SW2 の状態を取得
	led1_on() 入力：なし 出力：なし	LED1 の点灯
	led2_on() 入力：なし 出力：なし	LED2 の点灯
	led1_off() 入力：なし 出力：なし	LED1 の消灯
	led2_off() 入力：なし 出力：なし	LED2 の消灯

表 3-11 制御関数一覧(2/5)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_spm_less_120_rspm.c mtr_spm_less_120_cpm.c	R_MTR_InitSequence() 入力：なし　出力：なし	シーケンス処理の初期化
	R_MTR_ExecEvent() 入力：(uint8)u1_event / 発生イベント 出力：なし	・ステータスの変更を行う ・発生イベントに対して、適切な処理の実行関数を呼び出し
	mtr_act_run () 入力：(uint8)u1_state / モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	・モータ起動時変数初期化関数呼び出し ・モータ制御開始関数呼び出し ・通電パターン決定関数呼び出し
	mtr_act_stop () 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	モータ制御終了関数呼び出し
	mtr_act_none () 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	処理はなし
	mtr_act_reset () 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	グローバル変数の初期化
	mtr_act_error() 入力：(uint8)u1_state /モータステータス 出力：(uint8)u1_state /モータステータス	モータ制御終了関数呼び出し
	mtr_pattern_set() 入力：なし　出力：なし	・通電パターンの決定 ・モータ制御信号作成関数呼び出し
	mtr_speed_calc () 入力：なし　出力：なし	速度計測演算処理
	mtr_start_init () 入力：なし　出力：なし	モータ起動時に必要な変数だけ初期化
	mtr_pi_ctrl () 入力：MTR_PI_CTRL *pi_ctrl/ PI 制御用構造体 出力：(int32)s2_ref / PI 制御出力値	速度 PI 制御
	mtr_set_variables () 入力：なし　出力：なし	変数の更新
	R_MTR_IcsInput() 入力：ics_input / ics 関連変数の構造体 出力：なし	ics から入力された値の取得
	R_MTR_SetSpeed () 入力：(int16)ref_speed / 回転速度指令値 出力：なし	回転速度指令値の設定
	R_MTR_SetDir() 入力：(uint8)dir / 回転方向指令値 出力：なし	回転方向の設定
	R_MTR_GetSpeed () 入力：なし 出力：(int16)g_s2_rpm / 回転速度演算値	回転速度演算値(電気角)の取得
	R_MTR_GetDir() 入力：なし　出力：なし	回転方向情報の取得
	R_MTR_GetStatus () 入力：なし 出力：(uint8)g_u1_mode_system / モータステータス	モータステータスを取得
	mtr_error_check() 入力：なし　出力：なし	エラーの監視と検出
	mtr_detect_zerocross() 入力：なし　出力：なし	・ゼロクロスの検出 ・速度計測関数呼び出し ・パターン切り替えタイミングの生成

表 3-12 制御関数一覧(3/5)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_interrupt.c	mtr_over_current_interrupt () 入力：なし 出力：なし	・モータステータス変更 ・イベント処理選択関数呼び出し ・パルス出力強制遮断フラグクリア関数呼び出し
	mtr_tau0_interrupt () 入力：なし 出力：なし	・3 [ms]毎に速度 PI 制御関数呼び出し
	mtr_carrier_interrupt () 入力：なし 出力：なし	・オープンループ始動制御 ・ゼロクロス検出関数呼び出し ・エラーチェック関数呼び出し

表 3-13 制御関数一覧(4/5)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_ctrl_rl78g14.c	R_MTR_InitHardware () 入力：なし 出力：なし	周辺機能の初期化
	mtr_init_clock() 入力：なし 出力：なし	クロック周波数の初期化
	mtr_init_tau() 入力：なし 出力：なし	タイマ TAU 初期化
	mtr_init_intp() 入力：なし 出力：なし	外部割込み INTP0 初期化
	clear_wdt() 入力：なし 出力：なし	WDT クリア
	mtr_clear_oc_flag() 入力：なし 出力：なし	ハイインピーダンス状態解除
	mtr_clear_trd0_imfa() 入力：なし 出力：なし	割り込みフラグクリア

表 3-14 制御関数一覧(5/5)

ファイル名	関数概要	処理概要
mtr_ctrl_rl78g14_t2001.c	mtr_init_trd() 入力：なし 出力：なし	タイマ TRD 初期化
	mtr_init_ad_converter() 入力：なし 出力：なし	A/D 変換器の初期化
	init_ui() 入力：なし 出力：なし	ユーザ使用周辺機能の初期化
	mtr_ctrl_start () 入力：なし 出力：なし	モータ起動処理
	mtr_ctrl_stop() 入力：なし 出力：なし	モータ停止処理
	mtr_change_pattern() 入力：(uint8)pattern / 通電パターン 出力：なし	・通電パターンの設定 ・通電パターンエラー時にモータステータス変更 ・イベント処理選択関数呼び出し
	mtr_get_adc() 入力：A/D チャンネル 出力：(uint8)u2_temp	A/D 変換

3.4　120 度通電制御ソフト変数一覧(対象ソフト①、②)

本制御プログラムで使用する変数一覧を次に示します。ただし、ローカル変数は記載していません。

表 3-15 変数一覧(1/2)

変数名	型	内容	備考
g_s2_max_speed	int16	回転速度指令最大値	機械角 [rpm]
g_s2_min_speed	int16	回転速度指令最小値	機械角 [rpm]
g_s2_margin_min_speed	int16	モータ停止用回転速度指令最小値	機械角 [rpm]
g_s2_ref_speed	int16	ユーザ設定速度	電気角 [rpm]
g_u1_rot_dir	uint8	ユーザ設定回転方向	0：CW 1：CCW
g_u1_motor_status	uint8	ユーザモータステータス管理	0：停止 1：回転中 2：エラー
g_u1_reset_req	uint8	リセット要求フラグ	0：エラー状態時 SW2 ON 1：エラー状態時 SW2 OFF
g_u1_sw1_cnt	uint8	SW1 判定カウンタ	チャタリング除去
g_u1_sw2_cnt	uint8	SW2 判定カウンタ	チャタリング除去
g_u1_stop_req	uint8	VR1 停止指令フラグ	回転速度指令値 550 [rpm]以下は停止判定
g_s2_sw_userif	int16	ハード UI 使用切り替えフラグ	0:使用しない 1:使用する
g_s2_mode_system	int16	システムモードフラグ	0:停止　1:モータ駆動 2:エラー　3:リセット
g_s2_enable_write	Int16	ICS 書き込み許可フラグ	トグル動作
ics_input	MTR_ICS_INPUT	ICS 入力用構造体	-
g_u1_cnt_speed_pi	uint8	速度 PI 制御用割り込み間引き用カウンタ	速度 PI 制御周期 3 [ms]をカウント
g_u2_cnt_boot_mode	uint16	BOOT モード時間計測カウンタ	モータ起動後 20 [ms]をカウント
g_u2_cnt_wait_stop	uint16	モータ回転停止待ちカウンタ	モータ停止処理後 10 [ms]をカウント(ただしホールセンサ割り込み検出時にカウントリセット)
g_u1_flg_wait_stop	uint8	モータ回転停止待ちフラグ	モータ停止指令を受けてセットし、モータ停止処理後ホールセンサ割り込みが 10 [ms]の間未検出の場合クリア
g_s2_v_ref	int16	電圧指令値	速度 PI 制御出力値 [V]
g_s2_vdc_ad	int16	インバータ母線電圧 A/D 値	[V]
g_s2_reci_vdc_ad	int16	インバータ母船電圧の逆数	
g_s2_start_refv	int16	始動時指令電圧	[V]
g_s2_pwm_duty	int16	タイマ RD コンペアレジスタ設定値	-
g_s2_ref_speed_rad	int16	速度指令値	電気角 [rad/s]
g_s2_ref_speed_rad_pi	int16	速度指令値	電気角 [rad/s]
g_s2_speed_rad	int16	速度演算値	電気角 [rad/s]
g_s2_kp_speed	int16	速度 PI 制御比例ゲイン	-
g_s2_ki_speed	int16	速度 PI 制御積分ゲイン	-
g_s2_lim_v	int16	電圧 PI 制御出力リミット値	[V]
g_s4_ilim_v	int32	電圧 PI 制御積分項リミット値	[V]
g_s2_speed_lpf_k	int16	速度 LPF パラメータ	-
g_s2_accel	int16	加速度	[rad/s^2]
speed	MTR_PI_CTRL	速度 PI 制御用構造体	-
g_u1_cnt_ics	uint8	ICS 関数呼び出し間隔カウンタ	-

表 3-16 変数一覧(2/2)

変数名	型	内容	備考
g_u2_run_mode	uint16	運転モード管理	0：BOOT モード 3：通常運転モード
g_u1_error_status	uint8	エラーステータス管理	1：過電流エラー 2：過電圧エラー 3：回転速度異常エラー 4：タイムアウトエラー 6：ホールセンサパターンエラー (0xff：未定義エラー)
g_u1_mode_system	uint8	ステート管理	0：ストップモード 1：ランモード 2：エラーモード
g_u1_hall_signal	uint8	3 相ホールセンサ入力値	-
g_u1_v_pattern	uint8	通電パターン	-
g_u2_cnt_timeout	uint16	停止判定時間計測カウンタ	通電パターン切り替え時にクリア
g_u1_direction	uint8	回転方向管理	0：CW 1：CCW
g_u2_hall_timer_cnt	uint16	フリーランタイマカウント値	TCR01
g_u2_pre_hall_timer_cnt	uint16	前回のフリーランタイマカウント値	-
g_s4_timer_cnt_ave	int32	2π 分の速度計測タイマカウント差	-
g_u2_timer_cnt_buf	uint16	速度計測タイマカウントバッファ	-
g_u2_timer_cnt_num	uint16	速度計測タイマカウントバッファ番号	-
ics_input_buff	MTR_ICS_INPUT	ICS 入力変数構造体	-

3.5　120 度通電制御ソフト変数一覧(対象ソフト③、④)

表 3-17 変数一覧(1/2)

変数名	型	内容	備考
g_s2_max_speed	int16	回転速度指令最大値	機械角 [rpm]
g_s2_min_speed	int16	回転速度指令最小値	機械角 [rpm]
g_s2_margin_min_speed	int16	モータ停止用回転速度指令最小値	機械角 [rpm]
g_s2_ref_speed	int16	ユーザ設定速度	電気角 [rpm]
g_u1_rot_dir	uint8	ユーザ設定回転方向	0：CW 1：CCW
g_u1_motor_status	uint8	ユーザモータステータス管理	0：停止 1：回転中 2：エラー
g_u1_reset_req	uint8	リセット要求フラグ	0：エラー状態時 SW2 ON 1：エラー状態時 SW2 OFF
g_u1_sw1_cnt	uint8	SW1 判定カウンタ	チャタリング除去
g_u1_sw2_cnt	uint8	SW2 判定カウンタ	チャタリング除去
g_u1_stop_req	uint8	VR1 停止指令フラグ	回転速度指令値 550 [rpm]以下は停止判定
g_s2_sw_userif	Int16	ハード UI 使用切り替えフラグ	0:使用しない 1:使用する
g_s2_mode_system	Int16	システムモードフラグ	0:停止　1:モータ駆動 2:エラー　3:リセット
g_s2_enable_write	Int16	ICS 書き込み許可フラグ	トグル動作
ics_input	MTR_ICS_INPUT	ICS 入力用構造体	-
g_u1_cnt_speed_pi	uint8	速度 PI 制御用割り込み間引き用カウンタ	速度 PI 制御周期 3 [ms]をカウント
g_u1_flg_wait_stop	uint8	モータ回転停止待ちフラグ	モータ停止指令を受けてセットし、モータ停止処理後ゼロクロスが 10 [ms]の間未検出の場合クリア
g_u1_enable_write	uint8	ICS 書き込み許可フラグ	
g_s2_v_ref	int16	電圧指令値	速度 PI 制御出力値 [V]
g_s2_vdc_ad	int16	インバータ母線電圧 A/D 値	[V]
g_s2_reci_vdc_ad	int16	インバータ母線電圧の逆数	
g_s2_pwm_duty	int16	タイマ RD コンペアレジスタ設定値	-
g_s2_ref_speed_rad	int16	速度指令値	電気角 [rad/s]
g_s2_ref_speed_rad_pi	int16	速度指令値	電気角 [rad/s]
g_s2_speed_rad	int16	速度演算値	電気角 [rad/s]
g_s2_kp_speed	int16	速度 PI 制御比例ゲイン	-
g_s2_ki_speed	int16	速度 PI 制御積分ゲイン	-
g_s2_lim_v	int16	電圧 PI 制御出力リミット値	[V]
g_s2_ilim_v	int32	電圧 PI 制御積分項リミット値	[V]
g_s2_speed_lpf_k	int16	速度 LPF ゲイン	
g_s2_accel	int16	加速度	[rad/s^2]
speed	MTR_PI_CTRL	速度 PI 制御用構造体	-
g_u2_vu_ad	uint16	U 相電圧 A/D 値	-
g_u2_vv_ad	uint16	V 相電圧 A/D 値	-
g_u2_vw_ad	uint16	W 相電圧 A/D 値	-
g_u2_vn_ad	uint16	3 相電圧合計 A/D 値	-
g_s2_ol_freq	int16	オープンループ周期	-

表 3-18 変数一覧(2/2)

変数名	型	内容	備考
g_s2_ol_speed_rpm	int16	オープンループ回転速度	[rpm]
g_u2_cnt_ol_pattern_set	uint16	オープンループ通電パターン切り替えカウンタ	-
g_u2_cnt_ol_ctrl	uint16	オープンループモード管理カウンタ	-
g_u2_ol_mode	uint16	オープンループモード管理	-
g_u1_cnt_ics	uint8	ICS 関数呼び出し間隔カウンタ	-
g_u2_run_mode	uint16	運転モード管理	1：オープンループモード 4：通常運転モード
g_u1_error_status	uint8	エラーステータス管理	1：過電流エラー 2：過電圧エラー 3：回転速度異常エラー 4：タイムアウトエラー 6：誘起電圧パターンエラー (0xff：未定義エラー)
g_u1_mode_system	uint8	ステート管理	0：ストップモード 1：ランモード 2：エラーモード
g_s2_ol_start_rpm	int16	起動速度	[rpm]
g_s2_ol_mode1_change_rpm	int16	モード 1 切り替え速度	[rpm]
g_s2_ol_mode2_change_rpm	int16	モード 2 切り替え速度	[rpm]
g_s2_ol_start_refv	int16	起動電圧	[V]
g_s2_ol_mode1_rate_rpm	int16	モード 1 での速度増加率	[rpm/control period]
g_s2_ol_mode2_rate_refv	int16	モード 2 での電圧増加率	[V/control period]
g_s2_ol_mode2_rate_rpm	int16	モード 2 での速度増加率	[rpm/control period]
g_s2_ol_mode3_rate_refv	int16	モード 3 での電圧増加率	[V/control period]
g_s2_ol_mode3_max_refv	int16	モード 3 での最大電圧	[V]
g_s2_ol_start_freq	int16	起動周波数	-
g_s2_ol_mode1_change_freq	int16	モード 1 切り替え周波数	-
g_s2_ol_mode2_change_freq	int16	モード 2 切り替え周波数	-
g_s2_ol_bemf_change_rpm	int16	センサレス切り替え周波数	-
g_u1_bemf_signal	uint8	誘起電圧から作るパターン	-
g_u1_pre_bemf_signal	uint8	前回の誘起電圧から作るパターン	-
g_u1_open_signal	uint8	オープンループ通電パターン	-
g_u1_v_pattern	uint8	通電パターン	-
g_u2_cnt_timeout	uint16	停止判定時間計測カウンタ	通電パターン切り替え時にクリア
g_u1_direction	uint8	回転方向管理	0：CW 1：CCW
g_u2_bemf_timer_cnt	uint16	フリーランタイマカウント値	TCR01
g_u2_pre_bemf_timer_cnt	uint16	前回のフリーランタイマカウント値	-
g_s4_timer_cnt_ave	int32	速度計測タイマカウント平均値	-
g_u2_timer_cnt_buf	uint16	速度計測タイマカウントバッファ	-
g_u2_timer_cnt_num	uint16	速度計測タイマカウントバッファ番号	-
g_u1_v_pattern_num	uint8	通電パターン指令番号	-
g_u2_cnt_carrier	uint16	キャリア周期割り込みカウンタ	-
g_u2_pre_cnt_carrier	uint16	前回のキャリア割り込みカウンタ値	-
g_u2_angle_shift_cnt	uint16	パターン切り替えタイミング指令値	-
g_s2_angle_shift_adjust	int16	パターン切り替えタイミング調整値	-
g_u1_v_pattern_open	uint8	オープンループ用通電パターン	-
ics_input_buff	MTR_ICS_INPUT	ICS 入力変数構造体	-

3.6 120 度通電制御ソフトマクロ定義 (対象ソフト①)

本制御プログラムで使用するマクロ定義一覧を次に示します。

表 3-19 マクロ定義一覧(1/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
main.h	ICS_UI	0	UI を ICS にセット
	BOARD_UI	1	UI をボードにセット
	M_CW	0	ユーザ回転方向設定値：CW
	M_CCW	1	ユーザ回転方向設定値：CCW
	MAX_SPEED	CP_MAX_SPEED_RPM	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	MIN_SPEED	CP_MIN_SPEED_RPM	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	MARGIN_SPEED	50	停止用回転速度指令最小値作成用定数(機械角) [rpm]
	MARGIN_MIN_SPEED	MIN_SPEED - MARGIN_SPEED	モータ停止用回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	START_REFV	CP_START_REFV*128	始動時指令電圧 [V]
	ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0*16	スタートモード時の加速度[rad/s^2]
	ACCEL_MODE1	CP_ACCEL_MODE1*16	コントロールモード時の加速度[rad/s^2]
	SPEED_PI_KP	CP_SPEED_PI_KP*65535	速度 PI 比例ゲイン
	SPEED_PI_KI	CP_SPEED_PI_KI*4194304	速度 PI 積分ゲイン
	SPEED_LPF_K	CP_SPEED_LPF_K*16384	速度 LPF パラメータ
	SW_ON	0	“Low”アクティブ
	SW_OFF	1	“Low”アクティブ
	CHATTERING_CNT	10	チャタリング除去
	VR1_SCALING	4	速度指令値作成用定数
	ADJUST_OFFSET	0x1FF	速度指令値オフセット調整用定数
	POLE_PAIR	MP_POLE_PAIRS	極対数補正用定数(7 極対)
	REQ_CLR	0	VR1 停止指令フラグクリア
	REQ_SET	1	VR1 停止指令フラグセット
motor_parameter.h	MP_POLE_PAIRS	7	極対数補正用定数(7 極対)
	MP_MAGNETIC_FLUX	0.006198f	永久磁石磁束[Wb]
	MP_RESISTANCE	0.453f	抵抗[Ω]
	MP_INDUCTANCE	0.0009447f	インダクタンス[H]
control_parameter.h	CP_START_REFV	3.0	モータ起動電圧
	CP_SPEED_PI_KP	0.001	速度 PI 比例ゲイン
	CP_SPEED_PI_KI	0.0008	速度 PI 積分ゲイン
	CP_SPEED_LPF_K	0.35	速度用 LPF パラメータ
	CP_MAX_SPEED_RPM	2000	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	CP_MIN_SPEED_RPM	600	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	CP_ACCEL_MODE0	1.0	スタートモード時の加速度[rad/s^2]
	CP_ACCEL_MODE1	1.0	コントロールモード時の加速度[rad/s^2]

表 3-20 マクロ定義一覧(2/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ctrl_rl78g14_t2001.h	MTR_PWM_TIMER_FREQ	64.0f	PWM タイマカウント周波数 [MHz]
	MTR_CARRIER_FREQ	20.0f	キャリア周波数 [kHz]
	MTR_CARRIER_SET	1000 / MTR_CARRIER_FREQ * MTR_PWM_TIMER_FREQ - 1	キャリア設定値
	MTR_PORT_HALL_U	P3.0	U 相ホールセンサ入力ポート
	MTR_PORT_HALL_V	P3.1	V 相ホールセンサ入力ポート
	MTR_PORT_HALL_W	P14.0	W 相ホールセンサ入力ポート
	MTR_PORT_UP	P1.5	U 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_UN	P1.4	U 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_VP	P1.3	V 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_VN	P1.1	V 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_WP	P1.2	W 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_WN	P1.0	W 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_SW1	P0.5	SW1 入力ポート
	MTR_PORT_SW2	P0.6	SW2 入力ポート
	MTR_PORT_LED1	P5.2	LED1 出力ポート
	MTR_PORT_LED2	P5.3	LED2 出力ポート
	MTR_LED_ON	0	“Low”アクティブ
	MTR_LED_OFF	1	
	MTR_OVERVOLTAGE_LIMIT	28*128	過電圧エラー判定値 [V]
	MTR_UNDERVOLTAGE_LIMIT	10*128	低電圧エラー判定値[V]
	MTR_VDC_SCALING	3523	インバータ母線電圧 A/D 変換値分解能
	MTR_RECIVDC_SCALING	64	インバータ母線電圧 A/D 変換値逆数分解能
	MTR_TAU1_CNT	TCR01	速度計測用タイマカウントレジスタ
	MTR_ADCCH_VR1	6	VR1 用 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VDC	2	母線電圧用 A/D 変換チャンネル

表 3-21 マクロ定義一覧(3/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_hall_120_rspm.h	MTR_TWOPI	2 * 3.14159265f	2π
	MTR_RPM_RAD	6863	[rpm]→[rad/s]単位変換用定数
	MTR_RAD_RPM	611* MTR_POLE_PAIRS	[rad/s]→[rpm]単位変換用定数
	MTR_POLE_PAIRS	MP_POLE_PAIRS	極対数補正用定数
	MTR_START_REFV	(int16)(MP_START_REFV *128)	始動時指令電圧 [V]
	MTR_SPEED_LIMIT_RPM	2500	速度リミット値(機械角) [rpm]
	MTR_SPEED_LIMIT	MTR_SPEED_LIMIT_RPM * MTR_POLE_PAIRS * MTR_TWOPI / 60*16	速度リミット値(電気角) [rad/s]
	MTR_SPEED_PI_DECIMATION	2	速度 PI 制御用割り込み間引き数
	MTR_SPEED_PI_KP	(int16)(CP_SPEED_PI_KP *65535)	比例ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KI	(int16)(CP_SPEED_PI_KI * 4194304)	積分ゲイン
	MTR_SPEED_PI_LIMIT_V	24*128	電圧 PI 制御出力リミット値 [V]
	MTR_SPEED_PI_I_LIMIT_V	24*128*524288	電圧 PI 制御積分項リミット値 [V]
	MTR_SPEED_LPF_K	(int16)(CP_SPEED_LPF_K *16384)	速度用 LPF パラメータ
	MTR_SPEED_PI_CHANGE_RPM	MP_POLE_PAIRS*CP_MIN_SPEED_RPM	モード変更時引き継ぎ速度(電機角) [rpm]
	MTR_SPEED_CALC_BASE	1534	速度計測用定数
	MTR_ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0*16	スタートモード時の加速度[rad/s^2]
	MTR_ACCEL_MODE1	CP_ACCEL_MODE1*16	コントロールモード時の加速度 [rad/s^2]
	MTR_MAX_DRIVE_V	(int16)(15*128)	最大指令電圧 [V]
	MTR_MIN_DRIVE_V	(int16)(3.8*128)	最小指令電圧 [V]
	MTR_TIMEOUT_CNT	400	停止判定時間 (カウント値*50[μs])
	MTR_START_CNT	100	BOOT モード時間 [ms]
	MTR_PATTERN_CW_V_U	5	CW ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CW_W_U	4	
	MTR_PATTERN_CW_W_V	6	
	MTR_PATTERN_CW_U_V	2	
	MTR_PATTERN_CW_U_W	3	
	MTR_PATTERN_CW_V_W	1	
	MTR_PATTERN_CCW_V_U	2	CCW ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CCW_V_W	6	
	MTR_PATTERN_CCW_U_W	4	
	MTR_PATTERN_CCW_U_V	5	
	MTR_PATTERN_CCW_W_V	1	
	MTR_PATTERN_CCW_W_U	3	

表 3-22 マクロ定義一覧(4/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_hall_120_rspm.h	MTR_PATTERN_ERROR	0	通電パターン
	MTR_UP_PWM_VN_ON	1	
	MTR_UP_PWM_WN_ON	2	
	MTR_VP_PWM_UN_ON	3	
	MTR_VP_PWM_WN_ON	4	
	MTR_WP_PWM_UN_ON	5	
	MTR_WP_PWM_VN_ON	6	
	MTR_UP_ON_VN_PWM	7	
	MTR_UP_ON_WN_PWM	8	
	MTR_VP_ON_UN_PWM	9	
	MTR_VP_ON_WN_PWM	10	
	MTR_WP_ON_UN_PWM	11	
	MTR_WP_ON_VN_PWM	12	
	MTR_CW	0	回転方向設定値：CW
	MTR_CCW	1	回転方向設定値：CCW
	MTR_FLG_CLR	0	フラグクリア用定数
	MTR_FLG_SET	1	フラグセット用定数
	MTR_STOP_WAIT_CNT	200	停止待ち時間 [ms]
	MTR_ICS_DECIMATION	4	ICS 用関数呼び出し間引き数

表 3-23 マクロ定義一覧(5/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_hall_120_rspm.h	MTR_BOOT_MODE	0x00	ブートモード
	MTR_OPENLOOP_MODE	0x01	オープンループモード
	MTR_START_MODE	0x02	スタートモード
	MTR_HALL_120_MODE	0x03	ホールセンサ 120 度運転モード
	MTR_BEMF_120_MODE	0x04	BEMF センサレス 120 度運転モード
	MTR_ENCD_FOC_MODE	0x05	エンコーダベクトル運転モード
	MTR_LESS_FOC_MODE	0x06	センサレスベクトル運転モード
	MTR_OVER_CURRENT_ERROR	0x01	過電流エラー
	MTR_OVER_VOLTAGE_ERROR	0x02	過電圧エラー
	MTR_OVER_SPEED_ERROR	0x03	高速度エラー
	MTR_TIMEOUT_ERROR	0x04	タイムアウトエラー
	MTR_HALL_ERROR	0x05	ホールパターンエラー
	MTR_BEMF_ERROR	0x06	BEMF パターンエラー
	MTR_UNDER_VOLTAGE_ERROR	0x07	低電圧エラー
	MTR_UNKNOWN_ERROR	0xff	未定義エラー
	MTR_MODE_STOP	0x00	停止状態
	MTR_MODE_RUN	0x01	回転中
	MTR_MODE_ERROR	0x02	エラー状態
	MTR_SIZE_STATE	3	状態数
	MTR_EVENT_STOP	0x00	モータ停止イベント
	MTR_EVENT_RUN	0x01	モータ起動イベント
	MTR_EVENT_ERROR	0x02	モータエラーイベント
	MTR_EVENT_RESET	0x03	モータリセットイベント
	MTR_SIZE_EVENT	4	イベント数

3.7 120 度通電制御ソフトマクロ定義 (対象ソフト②)

本制御プログラムで使用するマクロ定義一覧を次に示します。

表 3-24 マクロ定義一覧(1/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
main.h	ICS_UI	0	UI を ICS にセット
	BOARD_UI	1	UI をボードにセット
	M_CW	0	ユーザ回転方向設定値：CW
	M_CCW	1	ユーザ回転方向設定値：CCW
	MAX_SPEED	CP_MAX_SPEED_RPM	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	MIN_SPEED	CP_MIN_SPEED_RPM	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	MARGIN_SPEED	50	停止用回転速度指令最小値作成用定数 (機械角) [rpm]
	MARGIN_MIN_SPEED	MIN_SPEED - MARGIN_SPEED	モータ停止用回転速度指令最小値 (機械角) [rpm]
	START_REFV	CP_START_REFV*128	始動時指令電圧 [V]
	ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0*16	スタートモード時の加速度[rad/s^2]
	ACCEL_MODE1	CP_ACCEL_MODE1*16	コントロールモード時の加速度[rad/s^2]
	SPEED_PI_KP	CP_SPEED_PI_KP*65535	速度 PI 比例ゲイン
	SPEED_PI_KI	CP_SPEED_PI_KI*4194304	速度 PI 積分ゲイン
	SPEED_LPF_K	CP_SPEED_LPF_K*16384	速度 LPF パラメータ
	SW_ON	0	“Low”アクティブ
	SW_OFF	1	“Low”アクティブ
	CHATTERING_CNT	10	チャタリング除去
	VR1_SCALING	4	速度指令値作成用定数
	ADJUST_OFFSET	0x1FF	速度指令値オフセット調整用定数
	POLE_PAIR	MP_POLE_PAIRS	極対数補正用定数(7 極対)
	REQ_CLR	0	VR1 停止指令フラグクリア
	REQ_SET	1	VR1 停止指令フラグセット
motor_parameter.h	MP_POLE_PAIRS	7	極対数補正用定数(7 極対)
	MP_MAGNETIC_FLUX	0.006198f	永久磁石磁束[Wb]
	MP_RESISTANCE	0.453f	抵抗[Ω]
	MP_INDUCTANCE	0.0009447f	インダクタンス[H]
control_parameter.h	CP_START_REFV	3.0	モータ起動電圧[V]
	CP_SPEED_PI_KP	0.001	速度 PI 比例ゲイン
	CP_SPEED_PI_KI	0.0008	速度 PI 積分ゲイン
	CP_SPEED_LPF_K	0.35	速度用 LPF パラメータ
	CP_MAX_SPEED_RPM	2000	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	CP_MIN_SPEED_RPM	600	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	CP_ACCEL_MODE0	1.0	スタートモード時の加速度[rad/s^2]
	CP_ACCEL_MODE1	1.0	コントロールモード時の加速度[rad/s^2]

表 3-25 マクロ定義一覧(2/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_ctrl_rl78g14_t2001.h	MTR_PWM_TIMER_FREQ	64.0f	PWM タイマカウント周波数 [MHz]
	MTR_CARRIER_FREQ	20.0f	キャリア周波数 [kHz]
	MTR_DEADTIME	1500	デットタイム
	MTR_DEADTIME_SET	MTR_DEADTIME * MTR_PWM_TIMER_FREQ / 1000	デットタイム設定値
	MTR_CARRIER_SET	(MTR_PWM_TIMER_FREQ * 1000 /MTR_CARRIER_FREQ / 2)+ MTR_DEADTIME_SET - 2	キャリア設定値
	MTR_HALF_CARRIER_SET	MTR_CARRIER_SET / 2	1/2 キャリア設定値
	MTR_NDT_CARRIER_SET	MTR_CARRIER_SET - MTR_DEADTIME_SET	キャリア設定値からデットタイムを引いた値
	MTR_PORT_HALL_U	P3.0	U 相ホールセンサ入力ポート
	MTR_PORT_HALL_V	P3.1	V 相ホールセンサ入力ポート
	MTR_PORT_HALL_W	P14.0	W 相ホールセンサ入力ポート
	MTR_PORT_UP	P1.5	U 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_UN	P1.4	U 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_VP	P1.3	V 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_VN	P1.1	V 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_WP	P1.2	W 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_WN	P1.0	W 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_SW1	P0.5	SW1 入力ポート
	MTR_PORT_SW2	P0.6	SW2 入力ポート
	MTR_PORT_LED1	P5.2	LED1 出力ポート
	MTR_PORT_LED2	P5.3	LED2 出力ポート
	MTR_LED_ON	0	“Low”アクティブ
	MTR_LED_OFF	1	
	MTR_OVERVOLTAGE_LIMIT	28*128	過電圧エラー判定値 [V]
	MTR_UNDERVOLTAGE_LIMIT	10*128	低電圧エラー判定値[V]
	MTR_VDC_SCALING	3523	インバータ母線電圧 A/D 変換値分解能
	MTR_RECIVDC_SCALING	64	インバータ母線電圧 A/D 変換値逆数分解能
	MTR_TAU1_CNT	TCR01	速度計測用タイマカウントレジスタ
	MTR_ADCCH_VR1	6	VR1 用 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VDC	2	母線電圧用 A/D 変換チャンネル

表 3-26 マクロ定義一覧(3/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_hall _120_cpm.h	MTR_TWOPI	2 * 3.14159265f	2π
	MTR_RPM_RAD	6863	[rpm]→[rad/s]単位変換用定数
	MTR_RAD_RPM	611＊MTR_POLE_PAIRS	[rad/s]→[rpm]単位変換用定数
	MTR_POLE_PAIRS	MP_POLE_PAIRS	極対数補正用定数
	MTR_START_REFV	(int16)(MP_START_REFV *128)	始動時指令電圧 [V]
	MTR_SPEED_LIMIT_RPM	2500	速度リミット値(機械角) [rpm]
	MTR_SPEED_LIMIT	MTR_SPEED_LIMIT_RPM * MTR_POLE_PAIRS * MTR_TWOPI / 60*16	速度リミット値(電気角) [rad/s]
	MTR_SPEED_PI_DECIMATION	2	速度 PI 制御用割り込み間引き数
	MTR_SPEED_PI_KP	(int16)(CP_SPEED_PI_KP *65535)	比例ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KI	(int16)(CP_SPEED_PI_KI * 4194304)	積分ゲイン
	MTR_SPEED_PI_LIMIT_V	24*128	電圧 PI 制御出力リミット値 [V]
	MTR_SPEED_PI_I_LIMIT_V	24*128*65535	電圧 PI 制御積分項リミット値 [V]
	MTR_SPEED_LPF_K	(int16)(CP_SPEED_LPF_K *16384)	速度用 LPF パラメータ
	MTR_SPEED_PI_CHANGE_RPM	MP_POLE_PAIRS*CP_MIN_SPEED_RPM	モード変更時引き継ぎ速度(電機角) [rpm]
	MTR_SPEED_CALC_BASE	1534	速度計測用定数
	MTR_ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0*16	スタートモード時の加速度[rad/s^2]
	MTR_ACCEL_MODE1	CP_ACCEL_MODE1*16	コントロールモード時の加速度 [rad/s^2]
	MTR_MAX_DRIVE_V	(int16)(15*128)	最大指令電圧 [V]
	MTR_MIN_DRIVE_V	(int16)(2.0*128)	最小指令電圧 [V]
	MTR_TIMEOUT_CNT	400	停止判定時間 (カウント値*50[μs])
	MTR_START_CNT	100	BOOT モード時間 [ms]
	MTR_PATTERN_CW_V_U	5	CW ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CW_W_U	4	
	MTR_PATTERN_CW_W_V	6	
	MTR_PATTERN_CW_U_V	2	
	MTR_PATTERN_CW_U_W	3	
	MTR_PATTERN_CW_V_W	1	
	MTR_PATTERN_CCW_V_U	2	CCW ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CCW_V_W	6	
	MTR_PATTERN_CCW_U_W	4	
	MTR_PATTERN_CCW_U_V	5	
	MTR_PATTERN_CCW_W_V	1	
	MTR_PATTERN_CCW_W_U	3	

表 3-27 マクロ定義一覧(4/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_hall_120_cpm.h	MTR_PATTERN_ERROR	0	通電パターン
	MTR_U_PWM_VN_ON	1	
	MTR_U_PWM_WN_ON	2	
	MTR_V_PWM_UN_ON	3	
	MTR_V_PWM_WN_ON	4	
	MTR_W_PWM_UN_ON	5	
	MTR_W_PWM_VN_ON	6	
	MTR_UP_ON_V_PWM	7	
	MTR_UP_ON_W_PWM	8	
	MTR_VP_ON_U_PWM	9	
	MTR_VP_ON_W_PWM	10	
	MTR_WP_ON_U_PWM	11	
	MTR_WP_ON_V_PWM	12	
	MTR_CW	0	回転方向設定値：CW
	MTR_CCW	1	回転方向設定値：CCW
	MTR_FLG_CLR	0	フラグクリア用定数
	MTR_FLG_SET	1	フラグセット用定数
	MTR_STOP_WAIT_CNT	200	停止待ち時間 [ms]
	MTR_ICS_DECIMATION	4	ICS 用関数呼び出し間引き数

表 3-28 マクロ定義一覧(5/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_hall_120_cpm.h	MTR_BOOT_MODE	0x00	ブートモード
	MTR_OPENLOOP_MODE	0x01	オープンループモード
	MTR_START_MODE	0x02	スタートモード
	MTR_HALL_120_MODE	0x03	ホールセンサ 120 度運転モード
	MTR_BEMF_120_MODE	0x04	BEMF センサレス 120 度運転モード
	MTR_ENCD_FOC_MODE	0x05	エンコーダベクトル運転モード
	MTR_LESS_FOC_MODE	0x06	センサレスベクトル運転モード
	MTR_OVER_CURRENT_ERROR	0x01	過電流エラー
	MTR_OVER_VOLTAGE_ERROR	0x02	過電圧エラー
	MTR_OVER_SPEED_ERROR	0x03	高速度エラー
	MTR_TIMEOUT_ERROR	0x04	タイムアウトエラー
	MTR_HALL_ERROR	0x05	ホールパターンエラー
	MTR_BEMF_ERROR	0x06	BEMF パターンエラー
	MTR_UNDER_VOLTAGE_ERROR	0x07	低電圧エラー
	MTR_UNKNOWN_ERROR	0xff	未定義エラー
	MTR_MODE_STOP	0x00	停止状態
	MTR_MODE_RUN	0x01	回転中
	MTR_MODE_ERROR	0x02	エラー状態
	MTR_SIZE_STATE	3	状態数
	MTR_EVENT_STOP	0x00	モータ停止イベント
	MTR_EVENT_RUN	0x01	モータ起動イベント
	MTR_EVENT_ERROR	0x02	モータエラーイベント
	MTR_EVENT_RESET	0x03	モータリセットイベント
	MTR_SIZE_EVENT	4	イベント数

3.8　120 度通電制御ソフトマクロ定義(対象ソフト③)

本制御プログラムで使用するマクロ定義一覧を次に示します。

表 3-29 マクロ定義一覧(1/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
main.h	ICS_UI	0	UI を ICS にセット
	BOARD_UI	1	UI をボードにセット
	M_CW	0	ユーザ回転方向設定値：CW
	M_CCW	1	ユーザ回転方向設定値：CCW
	MAX_SPEED	CP_MAX_SPEED_RPM	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	MIN_SPEED	CP_MIN_SPEED_RPM	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	MARGIN_SPEED	50	停止用回転速度指令最小値作成用定数 (機械角) [rpm]
	MARGIN_MIN_SPEED	MIN_SPEED - MARGIN_SPEED	モータ停止用回転速度指令最小値 (機械角) [rpm]
	ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0*16	スタートモード時の加速度[rad/s^2]
	ACCEL_MODE1	CP_ACCEL_MODE1*16	コントロールモード時の加速度 [rad/s^2]
	SPEED_PI_KP	CP_SPEED_PI_KP*65535	速度 PI 比例ゲイン
	SPEED_PI_KI	CP_SPEED_PI_KI*4194304	速度 PI 積分ゲイン
	SPEED_LPF_K	CP_SPEED_LPF_K*16384	速度 LPF パラメータ
	OL_START_RPM	CP_OL_START_RPM	起動速度[rpm]
	OL_MODE1_CHANGE_RPM	CP_OL_MODE1_CHANGE_RPM	モード 1 切り替え速度[rpm]
	OL_MODE2_CHANGE_RPM	CP_OL_MODE2_CHANGE_RPM	モード 2 切り替え速度[rpm]
	OL_START_REFV	CP_OL_START_REFV*128	起動電圧[V]
	OL_MODE1_RATE_RPM	CP_OL_MODE1_RATE_RPM	モード 1 での速度増加率 [rpm/control period]
	OL_MODE2_RATE_REFV	CP_OL_MODE2_RATE_REFV*128	モード 2 での電圧増加率[V/control period]
	OL_MODE2_RATE_RPM	CP_OL_MODE2_RATE_RPM	モード 2 での速度増加率 [rpm/control period]
	OL_MODE3_RATE_REFV	CP_OL_MODE3_RATE_REFV*128	モード 3 での電圧増加率[V/control period]
	OL_MODE3_MAX_REFV	CP_OL_MODE3_MAX_REFV*128	モード 3 での最大電圧[V]
	SW_ON	0	“Low”アクティブ
	SW_OFF	1	“Low”アクティブ
	CHATTERING_CNT	10	チャタリング除去
	VR1_SCALING	4	速度指令値作成用定数
	ADJUST_OFFSET	0x1FF	速度指令値オフセット調整用定数
	POLE_PAIR	MP_POLE_PAIRS	極対数補正用定数(7 極対)
	REQ_CLR	0	VR1 停止指令フラグクリア
	REQ_SET	1	VR1 停止指令フラグセット
motor_parameter.h	MP_POLE_PAIRS	7	極対数補正用定数(7 極対)
	MP_MAGNETIC_FLUX	0.006198f	永久磁石磁束[Wb]
	MP_RESISTANCE	0.453f	抵抗[Ω]
	MP_INDUCTANCE	0.0009447f	インダクタンス[H]

表 3-30 マクロ定義一覧(2/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
control_parameter.h	CP_SPEED_PI_KP	0.001	速度 PI 比例ゲイン
	CP_SPEED_PI_KI	0.0008	速度 PI 積分ゲイン
	CP_SPEED_LPF_K	0.35	速度用 LPF パラメータ
	CP_MAX_SPEED_RPM	2000	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	CP_MIN_SPEED_RPM	600	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	CP_ACCEL_MODE0	0.125	スタートモード時の加速度[rad/s^2]
	CP_ACCEL_MODE1	0.125	コントロールモード時の加速度[rad/s^2]
	CP_OL_START_RPM	180	起動速度[rpm]
	CP_OL_MODE1_CHANGE_RPM	200	モード 1 切り替え速度[rpm]
	CP_OL_MODE2_CHANGE_RPM	600	モード 2 切り替え速度[rpm]
	CP_OL_START_REFV	1.8	起動電圧[V]
	CP_OL_MODE1_RATE_RPM	5	モード 1 での速度増加率[rpm/control period]
	CP_OL_MODE2_RATE_REFV	0.12	モード 2 での電圧増加率[V/control period]
	CP_OL_MODE2_RATE_RPM	20	モード 2 での速度増加率[rpm/control period]
	CP_OL_MODE3_RATE_REFV	0.1	モード 3 での電圧増加率[V/control period]
	CP_OL_MODE3_MAX_REFV	3.0	モード 3 での最大電圧[V]
mtr_ctrl_rl78g14_t2001.h	MTR_PWM_TIMER_FREQ	64.0f	PWM タイマカウント周波数 [MHz]
	MTR_CARRIER_FREQ	20.0f	キャリア周波数 [kHz]
	MTR_CARRIER_SET	1000 /MTR_CARRIER_FREQ * MTR_PWM_TIMER_FREQ - 1	キャリア設定値
	MTR_PORT_UP	P1.5	U 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_UN	P1.4	U 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_VP	P1.3	V 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_VN	P1.1	V 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_WP	P1.2	W 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_WN	P1.0	W 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_SW1	P0.5	SW1 入力ポート
	MTR_PORT_SW2	P0.6	SW2 入力ポート
	MTR_PORT_LED1	P5.2	LED1 出力ポート
	MTR_PORT_LED2	P5.3	LED2 出力ポート
	MTR_LED_ON	0	“Low”アクティブ
	MTR_LED_OFF	1	
	MTR_OVERVOLTAGE_LIMIT	28*128	過電圧エラー判定値 [V]
	MTR_UNDERVOLTAGE_LIMIT	10*128	低電圧エラー判定値[V]
	MTR_VDC_SCALING	3523	インバータ母線電圧 A/D 変換値分解能
	MTR_RECIVDC_SCALING	64	インバータ母線電圧 A/D 変換値逆数分解能
	MTR_TAU1_CNT	TCR01	速度計測用タイマカウントレジスタ
	MTR_ADCCH_VR1	6	VR1 用 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VDC	2	母線電圧用 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VU	3	U 相電圧用 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VV	4	V 相電圧用 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VW	5	W 相電圧用 A/D 変換チャンネル

表 3-31 マクロ定義一覧(3/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_less_120_rspm.h	MTR_TWOPI	2*3.14159265f	2π
	MTR_RPM_RAD	6863	[rpm]→[rad/s]単位変換用定数
	MTR_RAD_RPM	611* MTR_POLE_PAIRS	[rad/s]→[rpm]単位変換用定数
	MTR_POLE_PAIRS	MP_POLE_PAIRS	極対数補正用定数
	MTR_SPEED_LIMIT_RPM	2500	速度リミット値(機械角) [rpm]
	MTR_SPEED_LIMIT	MTR_SPEED_LIMIT_RPM * MTR_POLE_PAIRS * MTR_TWOPI / 60*16	速度リミット値(電気角) [rad/s]
	MTR_SPEED_PI_DECIMATION	2	速度 PI 制御用割り込み間引き数
	MTR_SPEED_PI_KP	(int16)(CP_SPEED_PI_KP *65535)	比例ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KI	(int16)(CP_SPEED_PI_KI * 4194304)	積分ゲイン
	MTR_SPEED_PI_LIMIT_V	24*128	電圧 PI 制御出力リミット値 [V]
	MTR_SPEED_PI_I_LIMIT_V	24*128*524288	電圧 PI 制御積分項リミット値 [V]
	MTR_SPEED_CALC_BASE	1534	速度計測用定数
	MTR_SPEED_LPF_K	(int16)(CP_SPEED_LPF_K *16384)	速度用 LPF パラメータ
	MTR_ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0*16	スタートモード時の加速度 [rad/s^2]
	MTR_ACCEL_MODE1	CP_ACCEL_MODE1*16	コントロールモード時の加速度 [rad/s^2]
	MTR_MAX_DRIVE_V	(int16)(15*128)	最大指令電圧 [V]
	MTR_MIN_DRIVE_V	(int16)(3.8*128)	最小指令電圧 [V]
	MTR_TIMEOUT_CNT	400	停止判定時間 (カウント値*50[μs])
	MTR_SHIFT_ADJUST	2	パターン切り替えタイミング調整値
	MTR_STOP_BEMF	48	モータ停止判定値
	MTR_OL_CTRL_PERIOD	20 * MTR_CARRIER_FREQ	モード管理間隔
	MTR_OL_START_RPM	CP_OL_START_RPM	始動時速度 [rpm]
	MTR_OL_MODE1_CHANGE_RPM	CP_OL_MODE1_CHANGE_RPM	モード変更速度 [rpm]
	MTR_OL_MODE2_CHANGE_RPM	CP_OL_MODE2_CHANGE_RPM	モード変更速度 [rpm]
	MTR_OL_START_REFV	CP_OL_START_REFV*128	始動時指令電圧 [V]
	MTR_OL_MODE1_RATE_RPM	CP_OL_MODE1_RATE_RPM	指令速度加算値 [rpm]
	MTR_OL_MODE2_RATE_REFV	CP_OL_MODE2_RATE_REFV*128	指令電圧加算値 [V]
	MTR_OL_MODE2_RATE_RPM	CP_OL_MODE2_RATE_RPM	指令速度加算値 [rpm]

表 3-32 マクロ定義一覧(4/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_less_120_rspm.h	MTR_OL_MODE3_RATE_REFV	CP_OL_MODE3_RATE_REFV*128	指令電圧加算値 [V]
	MTR_OL_MODE3_MAX_REFV	CP_OL_MODE3_MAX_REFV*128	オープンループ時最大指令電圧 [V]
	MTR_OL_FREQ_CALC	MTR_CARRIER_FREQ * 60000/ 6 / MTR_POLE_PAIRS	速度計測用定数
	MTR_OL_START_FREQ	(int16)(MTR_OL_FREQ_CALC/MTR_OL_START_RPM)	始動時パターン変更周期
	MTR_OL_MODE1_CHANGE_FREQ	(int16)(MTR_OL_FREQ_CALC/MTR_OL_MODE1_CHANGE_RPM)	オープンループ時パターン変更周期
	MTR_OL_MODE2_CHANGE_FREQ	(int16)(MTR_OL_FREQ_CALC/MTR_OL_MODE2_CHANGE_RPM	オープンループ時パターン変更周期
	MTR_OL_BEMF_CHANGE_RPM	MTR_OL_MODE2_CHANGE_RPM* MTR_POLE_PAIRS	BEMF モード変更時指令速度 [rpm]
	MTR_PATTERN_CW_V_U	2	CW 仮想ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CW_W_U	3	
	MTR_PATTERN_CW_W_V	1	
	MTR_PATTERN_CW_U_V	5	
	MTR_PATTERN_CW_U_W	4	
	MTR_PATTERN_CW_V_W	6	
	MTR_PATTERN_CCW_V_U	3	CCW 仮想ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CCW_V_W	2	
	MTR_PATTERN_CCW_U_W	6	
	MTR_PATTERN_CCW_U_V	4	
	MTR_PATTERN_CCW_W_V	5	
	MTR_PATTERN_CCW_W_U	1	
	MTR_PATTERN_ERROR	0	通電パターン
	MTR_UP_PWM_VN_ON	1	
	MTR_UP_PWM_WN_ON	2	
	MTR_VP_PWM_UN_ON	3	
	MTR_VP_PWM_WN_ON	4	
	MTR_WP_PWM_UN_ON	5	
	MTR_WP_PWM_VN_ON	6	
	MTR_UP_ON_VN_PWM	7	
	MTR_UP_ON_WN_PWM	8	
	MTR_VP_ON_UN_PWM	9	
	MTR_VP_ON_WN_PWM	10	
	MTR_WP_ON_UN_PWM	11	
	MTR_WP_ON_VN_PWM	12	
	MTR_CW	0	回転方向設定値：CW
	MTR_CCW	1	回転方向設定値：CCW
	MTR_FLG_CLR	0	フラグクリア用定数
	MTR_FLG_SET	1	フラグセット用定数
	MTR_OL_MODE1	0	オープンループモード 1
	MTR_OL_MODE2	1	オープンループモード 2
	MTR_OL_MODE3	2	オープンループモード 3
	MTR_ICS_DECIMATION	4	ICS 用関数呼び出し間引き数

表 3-33 マクロ定義一覧(5/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_less_120_rspm.h	MTR_BOOT_MODE	0x00	ブートモード
	MTR_OPENLOOP_MODE	0x01	オープンループモード
	MTR_START_MODE	0x02	スタートモード
	MTR_HALL_120_MODE	0x03	ホールセンサ 120 度運転モード
	MTR_BEMF_120_MODE	0x04	BEMF センサレス 120 度運転モード
	MTR_ENCD_FOC_MODE	0x05	エンコーダベクトル運転モード
	MTR_LESS_FOC_MODE	0x06	センサレスベクトル運転モード
	MTR_OVER_CURRENT_ERROR	0x01	過電流エラー
	MTR_OVER_VOLTAGE_ERROR	0x02	過電圧エラー
	MTR_OVER_SPEED_ERROR	0x03	高速度エラー
	MTR_TIMEOUT_ERROR	0x04	タイムアウトエラー
	MTR_HALL_ERROR	0x05	ホールパターンエラー
	MTR_BEMF_ERROR	0x06	BEMF パターンエラー
	MTR_UNDER_VOLTAGE_ERROR	0x07	低電圧エラー
	MTR_UNKNOWN_ERROR	0xff	未定義エラー
	MTR_MODE_STOP	0x00	停止状態
	MTR_MODE_RUN	0x01	回転中
	MTR_MODE_ERROR	0x02	エラー状態
	MTR_SIZE_STATE	3	状態数
	MTR_EVENT_STOP	0x00	モータ停止イベント
	MTR_EVENT_RUN	0x01	モータ起動イベント
	MTR_EVENT_ERROR	0x02	モータエラーイベント
	MTR_EVENT_RESET	0x03	モータリセットイベント
	MTR_SIZE_EVENT	4	イベント数

3.9 120 度通電制御ソフトマクロ定義(対象ソフト④)

本制御プログラムで使用するマクロ定義一覧を次に示します。

表 3-34 マクロ定義一覧(1/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
main.h	ICS_UI	0	UI を ICS にセット
	BOARD_UI	1	UI をボードにセット
	M_CW	0	ユーザ回転方向設定値：CW
	M_CCW	1	ユーザ回転方向設定値：CCW
	MAX_SPEED	CP_MAX_SPEED_RPM	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	MIN_SPEED	CP_MIN_SPEED_RPM	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	MARGIN_SPEED	50	停止用回転速度指令最小値作成用定数 (機械角) [rpm]
	MARGIN_MIN_SPEED	MIN_SPEED - MARGIN_SPEED	モータ停止用回転速度指令最小値 (機械角) [rpm]
	ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0*16	スタートモード時の加速度[rad/s^2]
	ACCEL_MODE1	CP_ACCEL_MODE1*16	コントロールモード時の加速度 [rad/s^2]
	SPEED_PI_KP	CP_SPEED_PI_KP*65535	速度 PI 比例ゲイン
	SPEED_PI_KI	CP_SPEED_PI_KI*4194304	速度 PI 積分ゲイン
	SPEED_LPF_K	CP_SPEED_LPF_K*16384	速度 LPF パラメータ
	OL_START_RPM	CP_OL_START_RPM	起動速度[rpm]
	OL_MODE1_CHANGE_RPM	CP_OL_MODE1_CHANGE_RPM	モード 1 切り替え速度[rpm]
	OL_MODE2_CHANGE_RPM	CP_OL_MODE2_CHANGE_RPM	モード 2 切り替え速度[rpm]
	OL_START_REFV	CP_OL_START_REFV*128	起動電圧[V]
	OL_MODE1_RATE_RPM	CP_OL_MODE1_RATE_RPM	モード 1 での速度増加率[rpm/control period]
	OL_MODE2_RATE_REFV	CP_OL_MODE2_RATE_REFV*128	モード 2 での電圧増加率[V/control period]
	OL_MODE2_RATE_RPM	CP_OL_MODE2_RATE_RPM	モード 2 での速度増加率[rpm/control period]
	OL_MODE3_RATE_REFV	CP_OL_MODE3_RATE_REFV*128	モード 3 での電圧増加率[V/control period]
	OL_MODE3_MAX_REFV	CP_OL_MODE3_MAX_REFV*128	モード 3 での最大電圧[V]
	SW_ON	0	“Low”アクティブ
	SW_OFF	1	“Low”アクティブ
	CHATTERING_CNT	10	チャタリング除去
	VR1_SCALING	4	速度指令値作成用定数
	ADJUST_OFFSET	0x1FF	速度指令値オフセット調整用定数
	POLE_PAIR	MP_POLE_PAIRS	極対数補正用定数(7 極対)
	REQ_CLR	0	VR1 停止指令フラグクリア
	REQ_SET	1	VR1 停止指令フラグセット
motor_parameter.h	MP_POLE_PAIRS	7	極対数補正用定数(7 極対)
	MP_MAGNETIC_FLUX	0.006198f	永久磁石磁束[Wb]
	MP_RESISTANCE	0.453f	抵抗[Ω]
	MP_INDUCTANCE	0.0009447f	インダクタンス[H]

表 3-35 マクロ定義一覧(2/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
control_parameter.h	CP_SPEED_PI_KP	0.001	速度 PI 比例ゲイン
	CP_SPEED_PI_KI	0.0008	速度 PI 積分ゲイン
	CP_SPEED_LPF_K	0.35	速度用 LPF パラメータ
	CP_MAX_SPEED_RPM	2000	回転速度指令最大値(機械角) [rpm]
	CP_MIN_SPEED_RPM	600	回転速度指令最小値(機械角) [rpm]
	CP_ACCEL_MODE0	1.0	スタートモード時の加速度[rad/s^2]
	CP_ACCEL_MODE1	1.0	コントロールモード時の加速度[rad/s^2]
	CP_OL_START_RPM	180	起動速度[rpm]
	CP_OL_MODE1_CHANGE_RPM	200	モード 1 切り替え速度[rpm]
	CP_OL_MODE2_CHANGE_RPM	600	モード 2 切り替え速度[rpm]
	CP_OL_START_REFV	1.8	起動電圧[V]
	CP_OL_MODE1_RATE_RPM	5	モード 1 での速度増加率[rpm/control period]
	CP_OL_MODE2_RATE_REFV	0.12	モード 2 での電圧増加率[V/control period]
	CP_OL_MODE2_RATE_RPM	20	モード 2 での速度増加率[rpm/control period]
	CP_OL_MODE3_RATE_REFV	0.1	モード 3 での電圧増加率[V/control period]
	CP_OL_MODE3_MAX_REFV	3.0	モード 3 での最大電圧[V]
mtr_ctrl_rl78g14_t2001.h	MTR_PWM_TIMER_FREQ	64.0f	PWM タイマカウント周波数 [MHz]
	MTR_CARRIER_FREQ	20.0f	キャリア周波数 [kHz]
	MTR_DEADTIME	1500	デットタイム
	MTR_DEADTIME_SET	MTR_DEADTIME * MTR_PWM_TIMER_FREQ / 1000	デットタイム設定値
	MTR_CARRIER_SET	(MTR_PWM_TIMER_FREQ * 1000 / MTR_CARRIER_FREQ / 2)+ MTR_DEADTIME_SET - 2	キャリア設定値
	MTR_HALF_CARRIER_SET	MTR_CARRIER_SET / 2	1/2 キャリア設定値
	MTR_NDT_CARRIER_SET	MTR_CARRIER_SET - MTR_DEADTIME_SET	キャリア設定値からデットタイムを引いた値
	MTR_PORT_UP	P1.5	U 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_UN	P1.4	U 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_VP	P1.3	V 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_VN	P1.1	V 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_WP	P1.2	W 相(正相)出力ポート
	MTR_PORT_WN	P1.0	W 相(逆相)出力ポート
	MTR_PORT_SW1	P0.5	SW1 入力ポート
	MTR_PORT_SW2	P0.6	SW2 入力ポート
	MTR_PORT_LED1	P5.2	LED1 出力ポート
	MTR_PORT_LED2	P5.3	LED2 出力ポート
	MTR_LED_ON	0	“Low”アクティブ
	MTR_LED_OFF	1	
	MTR_OVERVOLTAGE_LIMIT	28*128	過電圧エラー判定値 [V]
	MTR_UNDERVOLTAGE_LIMIT	10*128	低電圧エラー判定値[V]
	MTR_VDC_SCALING	3523	インバータ母線電圧 A/D 変換値分解能
	MTR_RECIVDC_SCALING	64	インバータ母線電圧 A/D 変換値逆数分解能
	MTR_TAU1_CNT	TCR01	速度計測用タイマカウントレジスタ
	MTR_ADCCH_VR1	6	VR1 用 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VDC	2	母線電圧用 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VU	3	U 相電圧用 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VV	4	V 相電圧用 A/D 変換チャンネル
	MTR_ADCCH_VW	5	W 相電圧用 A/D 変換チャンネル

表 3-36 マクロ定義一覧(3/5)

ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_less_120_cpm.h	MTR_TWOPI	2*3.14159265f	2π
	MTR_RPM_RAD	6863	[rpm]→[rad/s]単位変換用定数
	MTR_RAD_RPM	611* MTR_POLE_PAIRS	[rad/s]→[rpm]単位変換用定数
	MTR_POLE_PAIRS	MP_POLE_PAIRS	極対数補正用定数
	MTR_SPEED_LIMIT_RPM	2500	速度リミット値(機械角) [rpm]
	MTR_SPEED_LIMIT	MTR_SPEED_LIMIT_RPM * MTR_POLE_PAIRS * MTR_TWOPI / 60*16	速度リミット値(電気角) [rad/s]
	MTR_SPEED_PI_DECIMATION	2	速度 PI 制御用割り込み間引き数
	MTR_SPEED_PI_KP	(int16)(CP_SPEED_PI_KP *65535)	比例ゲイン
	MTR_SPEED_PI_KI	(int16)(CP_SPEED_PI_KI *4194304)	積分ゲイン
	MTR_SPEED_PI_LIMIT_V	24*128	電圧 PI 制御出力リミット値 [V]
	MTR_SPEED_PI_I_LIMIT_V	24*128* 524288	電圧 PI 制御積分項リミット値 [V]
	MTR_SPEED_CALC_BASE	1534	速度計測用定数
	MTR_SPEED_LPF_K	(int16)(CP_SPEED_LPF_K *16384)	速度用 LPF パラメータ
	MTR_ACCEL_MODE0	CP_ACCEL_MODE0*16	スタートモード時の加速度[rad/s^2]
	MTR_ACCEL_MODE1	CP_ACCEL_MODE1*16	コントロールモード時の加速度 [rad/s^2]
	MTR_MAX_DRIVE_V	(int16)(15*128)	最大指令電圧 [V]
	MTR_MIN_DRIVE_V	(int16)(2.0*128)	最小指令電圧 [V]
	MTR_TIMEOUT_CNT	400	停止判定時間 [ms] (カウント値*50[μs])
	MTR_SHIFT_ADJUST	2	パターン切り替えタイミング調整値
	MTR_STOP_BEMF	48	モータ停止判定値
	MTR_OL_CTRL_PERIOD	20 * MTR_CARRIER_FREQ	モード管理間隔
	MTR_OL_START_RPM	CP_OL_START_RPM	始動時速度 [rpm]
	MTR_OL_MODE1_CHANGE_RPM	CP_OL_MODE1_CHANGE_RPM	モード変更速度 [rpm]
	MTR_OL_MODE2_CHANGE_RPM	CP_OL_MODE2_CHANGE_RPM	モード変更速度 [rpm]
	MTR_OL_START_REFV	CP_OL_START_REFV*128	始動時指令電圧 [V]
	MTR_OL_MODE1_RATE_RPM	CP_OL_MODE1_RATE_RPM	指令速度加算値 [rpm]
	MTR_OL_MODE2_RATE_REFV	CP_OL_MODE2_RATE_REFV*128	指令電圧加算値 [V]
	MTR_OL_MODE2_RATE_RPM	CP_OL_MODE2_RATE_RPM	指令速度加算値 [rpm]
	MTR_OL_MODE3_RATE_REFV	CP_OL_MODE3_RATE_REFV*128	指令電圧加算値 [V]
	MTR_OL_MODE3_MAX_REFV	CP_OL_MODE3_MAX_REFV*128	オープンループ時最大指令電圧 [V]
	MTR_OL_FREQ_CALC	MTR_CARRIER_FREQ * 60000 / 6 / MTR_POLE_PAIRS	速度計測用定数
	MTR_OL_START_FREQ	(int16)(MTR_OL_FREQ_CALC /MTR_OL_START_RPM)	始動時パターン変更周期
	MTR_OL_MODE1_CHANGE_FREQ	(int16)(MTR_OL_FREQ_CALC /MTR_OL_MODE1_CHANGE_RPM)	オープンループ時パターン変更周期
	MTR_OL_MODE2_CHANGE_FREQ	(int16)(MTR_OL_FREQ_CALC /MTR_OL_MODE2_CHANGE_RPM)	オープンループ時パターン変更周期
	MTR_OL_BEMF_CHANGE_RPM	MTR_OL_MODE2_CHANGE_RPM * MTR_POLE_PAIRS	BEMF モード変更時指令速度 [rpm]

表 3-37 マクロ定義一覧(4/5)

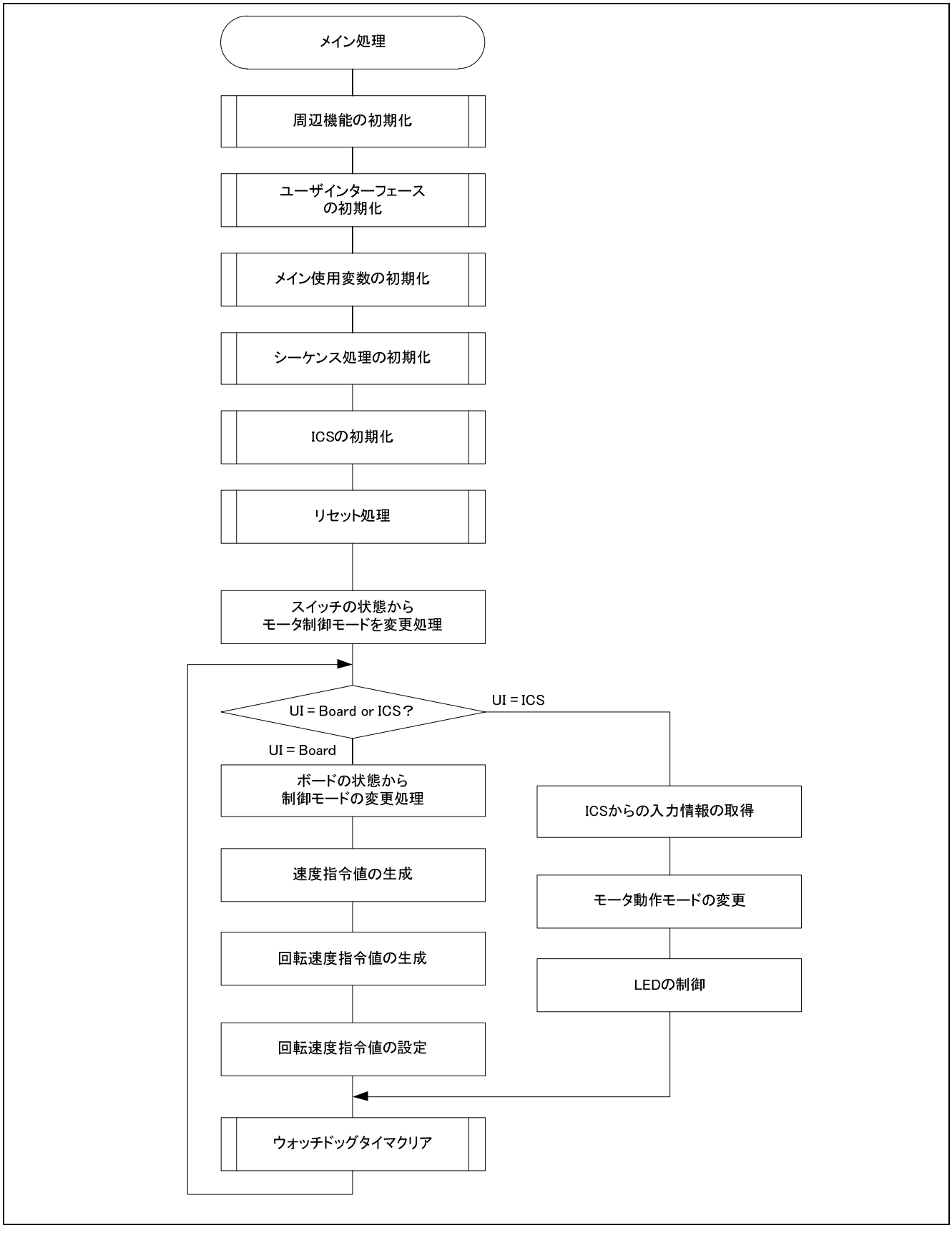
ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_less_120_cpm.h	MTR_PATTERN_CW_V_U	2	CW 仮想ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CW_W_U	3	
	MTR_PATTERN_CW_W_V	1	
	MTR_PATTERN_CW_U_V	5	
	MTR_PATTERN_CW_U_W	4	
	MTR_PATTERN_CW_V_W	6	
	MTR_PATTERN_CCW_V_U	3	CCW 仮想ホールセンサ値
	MTR_PATTERN_CCW_V_W	2	
	MTR_PATTERN_CCW_U_W	6	
	MTR_PATTERN_CCW_U_V	4	
	MTR_PATTERN_CCW_W_V	5	
	MTR_PATTERN_CCW_W_U	1	
	MTR_PATTERN_ERROR	0	通電パターン
	MTR_U_PWM_VN_ON	1	
	MTR_U_PWM_WN_ON	2	
	MTR_V_PWM_UN_ON	3	
	MTR_V_PWM_WN_ON	4	
	MTR_W_PWM_UN_ON	5	
	MTR_W_PWM_VN_ON	6	
	MTR_UP_ON_V_PWM	7	
	MTR_UP_ON_W_PWM	8	
	MTR_VP_ON_U_PWM	9	
	MTR_VP_ON_W_PWM	10	
	MTR_WP_ON_U_PWM	11	
	MTR_WP_ON_V_PWM	12	
	MTR_CW	0	回転方向設定値：CW
	MTR_CCW	1	回転方向設定値：CCW
	MTR_FLG_CLR	0	フラグクリア用定数
	MTR_FLG_SET	1	フラグセット用定数
	MTR_OL_MODE1	0	オープンループモード 1
	MTR_OL_MODE2	1	オープンループモード 2
	MTR_OL_MODE3	2	オープンループモード 3
	MTR_ICS_DECIMATION	4	ICS 用関数呼び出し間引き数

表 3-38 マクロ定義一覧(5/5)

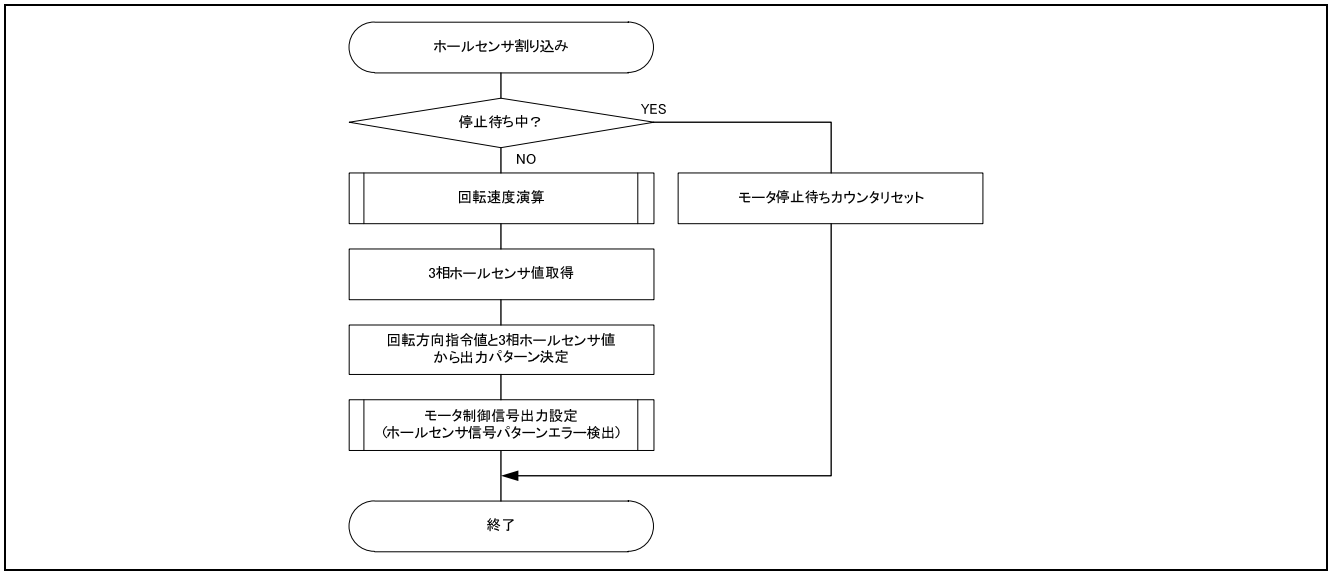
ファイル名	マクロ名	定義値	備考
mtr_spm_less_120_cpm.h	MTR_BOOT_MODE	0x00	ブートモード
	MTR_OPENLOOP_MODE	0x01	オープンループモード
	MTR_START_MODE	0x02	スタートモード
	MTR_HALL_120_MODE	0x03	ホールセンサ 120 度運転モード
	MTR_BEMF_120_MODE	0x04	BEMF センサレス 120 度運転モード
	MTR_ENCD_FOC_MODE	0x05	エンコーダベクトル運転モード
	MTR_LESS_FOC_MODE	0x06	センサレスベクトル運転モード
	MTR_OVER_CURRENT_ERROR	0x01	過電流エラー
	MTR_OVER_VOLTAGE_ERROR	0x02	過電圧エラー
	MTR_OVER_SPEED_ERROR	0x03	高速度エラー
	MTR_TIMEOUT_ERROR	0x04	タイムアウトエラー
	MTR_HALL_ERROR	0x05	ホールパターンエラー
	MTR_BEMF_ERROR	0x06	BEMF パターンエラー
	MTR_UNDER_VOLTAGE_ERROR	0x07	低電圧エラー
	MTR_UNKNOWN_ERROR	0xff	未定義エラー
	MTR_MODE_STOP	0x00	停止状態
	MTR_MODE_RUN	0x01	回転中
	MTR_MODE_ERROR	0x02	エラー状態
	MTR_SIZE_STATE	3	状態数
	MTR_EVENT_STOP	0x00	モータ停止イベント
	MTR_EVENT_RUN	0x01	モータ起動イベント
	MTR_EVENT_ERROR	0x02	モータエラーイベント
	MTR_EVENT_RESET	0x03	モータリセットイベント
	MTR_SIZE_EVENT	4	イベント数

3.10　制御フロー（フローチャート）（対象ソフト①、②）

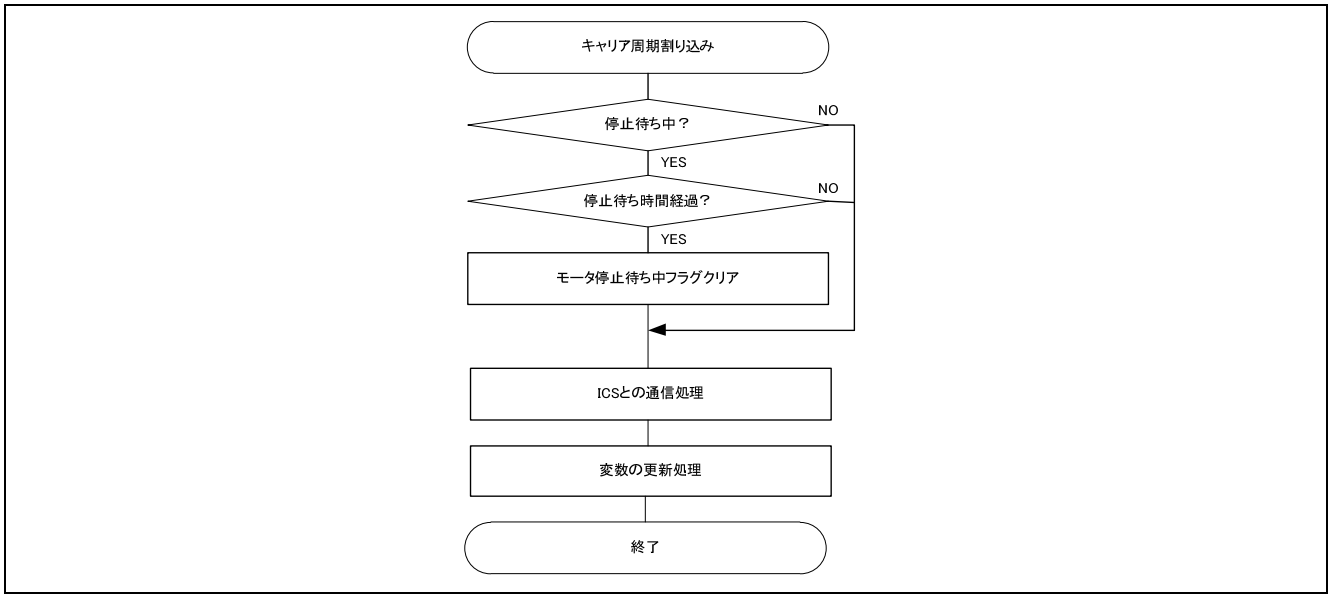
(1) メイン処理



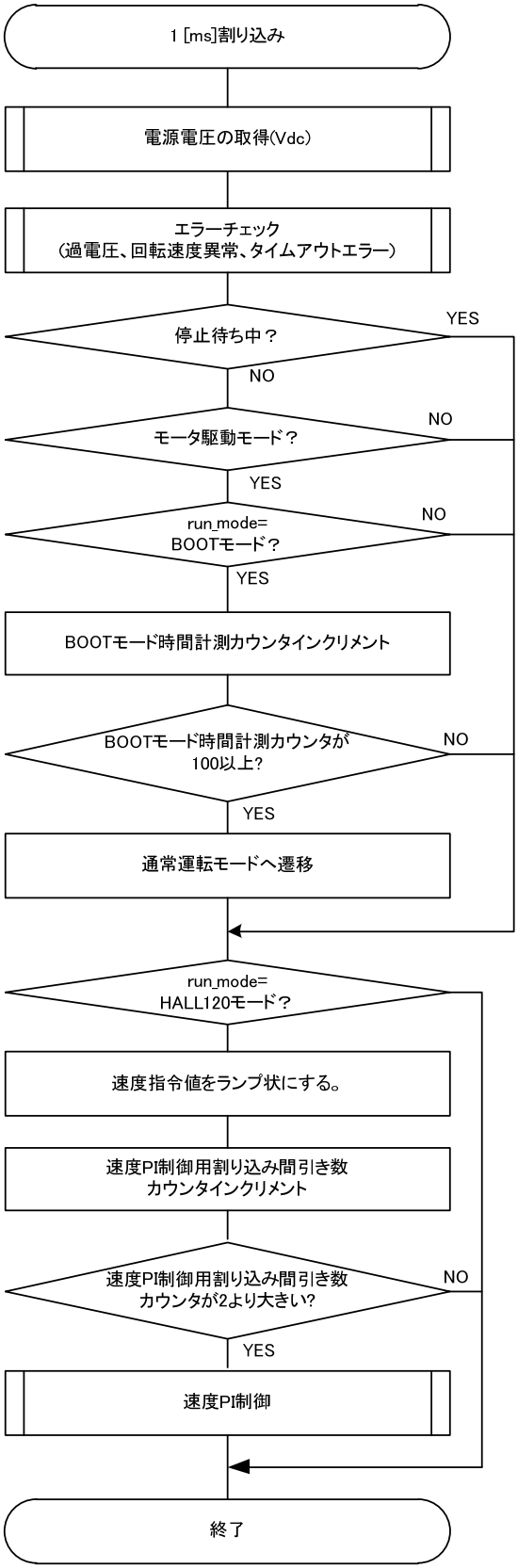
(2) ホールセンサ割り込み処理



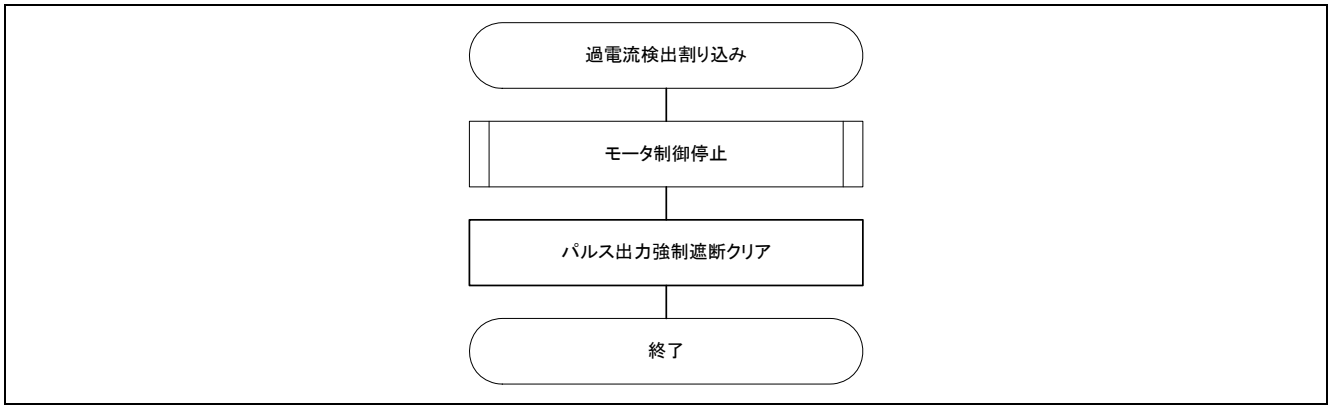
(3) キャリア周期割り込み処理



(4) 1 [ms]割り込み処理

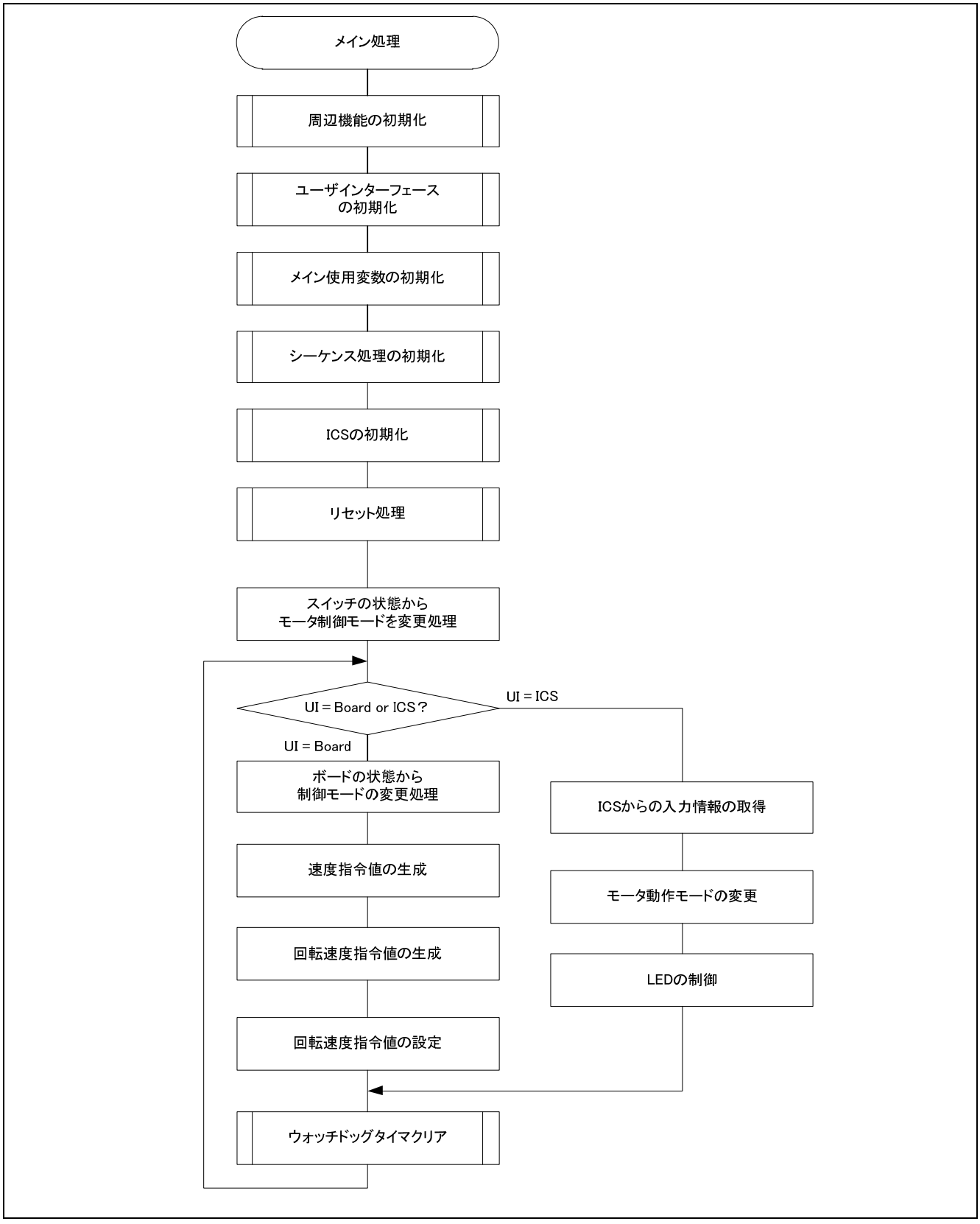

1 [ms]割り込み
電源電圧の取得(Vdc)
エラーチェック
(過電圧、回転速度異常、タイムアウトエラー)
停止待ち中？
YES
NO
モータ駆動モード？
NO
YES
run_mode=
BOOTモード？
NO
YES
BOOTモード時間計測カウンタインクリメント
BOOTモード時間計測カウンタが
100以上?
NO
YES
通常運転モードへ遷移
run_mode=
HALL120モード？
速度指令値をランプ状にする。
速度PI制御用割り込み間引き数
カウンタインクリメント
速度PI制御用割り込み間引き数
カウンタが2より大きい?
NO
YES
速度PI制御
終了

(5) 過電流割り込み処理

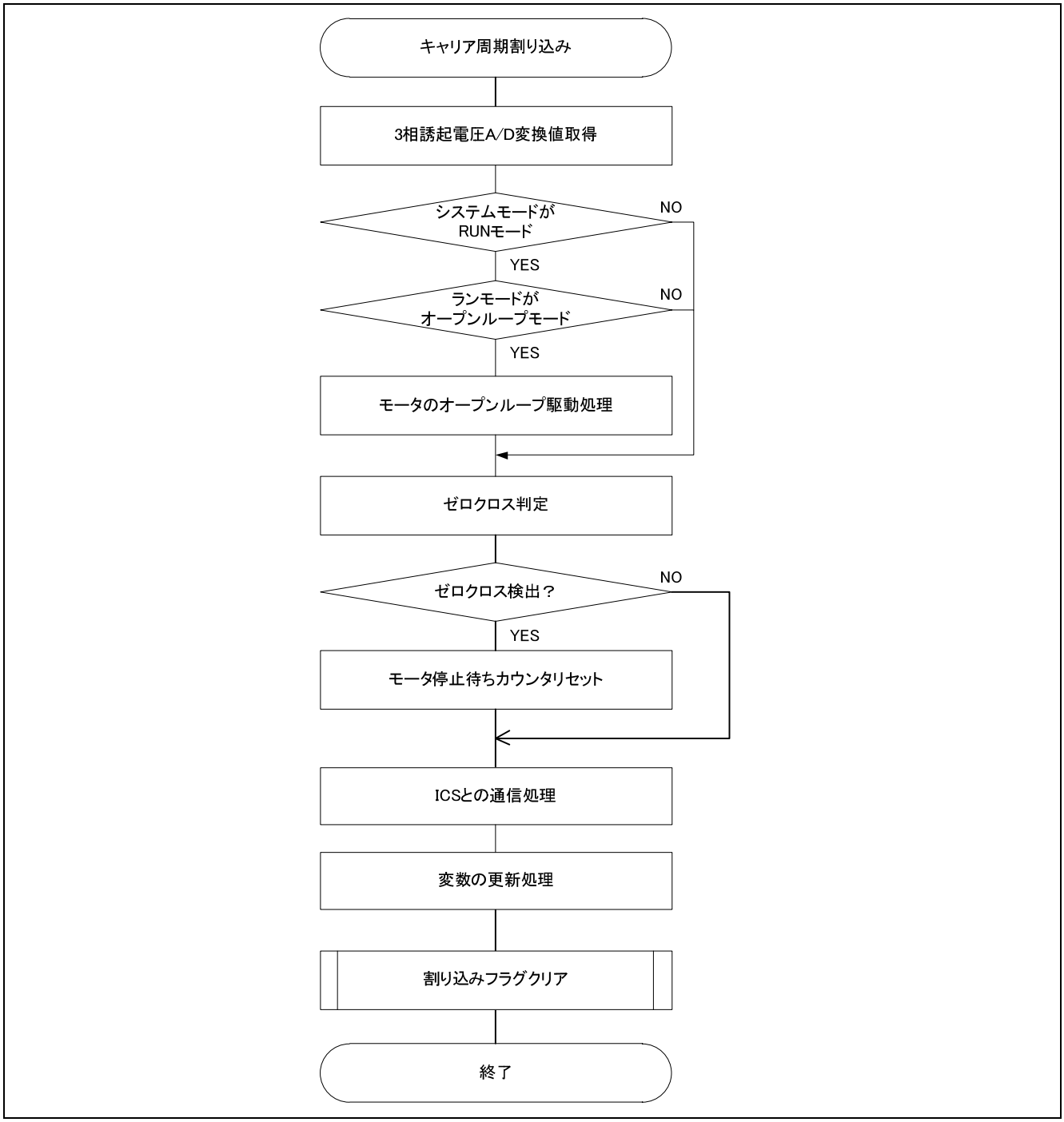


3.11　制御フロー（フローチャート）（対象ソフト③、④）

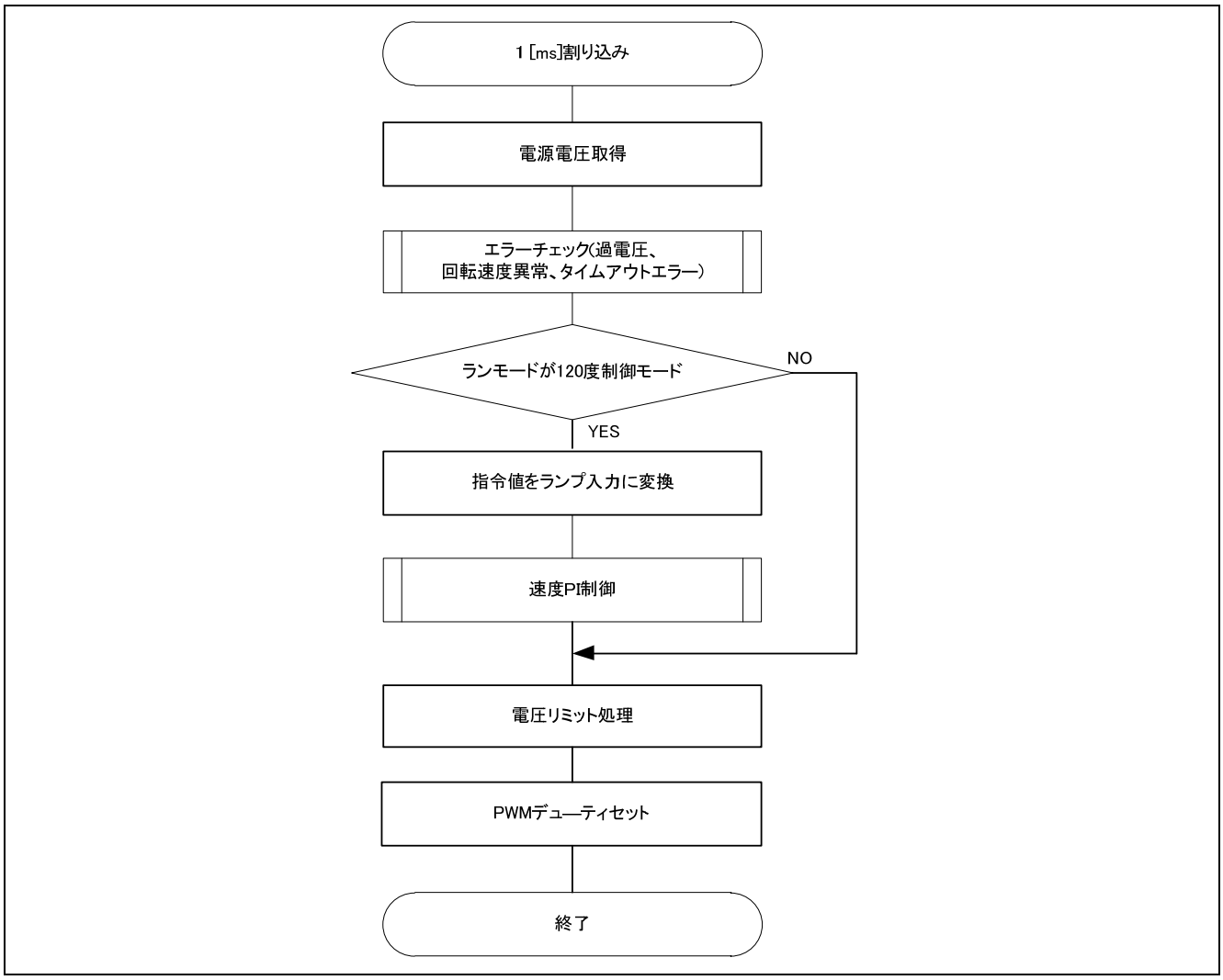
(6) メイン処理



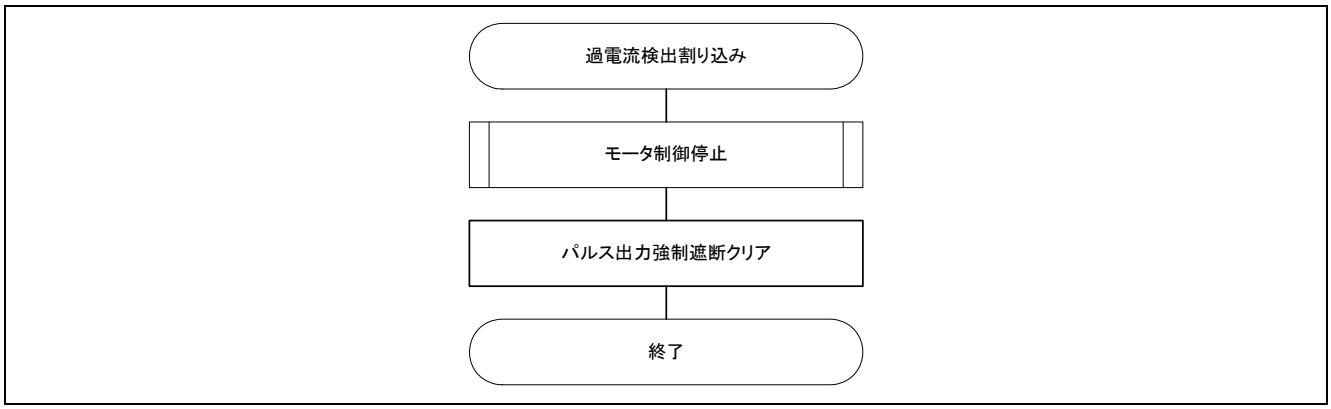
(7) キャリア周期割り込み処理



(8) 1 [ms]割り込み処理



(9) 過電流割り込み処理



4.　開発支援ツール「In Circuit Scope」

4.1　　概要

本アプリケーションノート対象サンプルプログラムでは開発支援ツール「In Circuit Scope」(以降、ICS)によるユーザインタフェース(回転/停止指令、回転速度指令等)が使用可能です。ICS はターゲットシステム上で実行されるプログラムのグローバル変数値をリアルタイムにパソコン上に波形表示することができるツールです。使用方法などの詳細は「In Circuit Scope 取扱説明書」を参照してください。

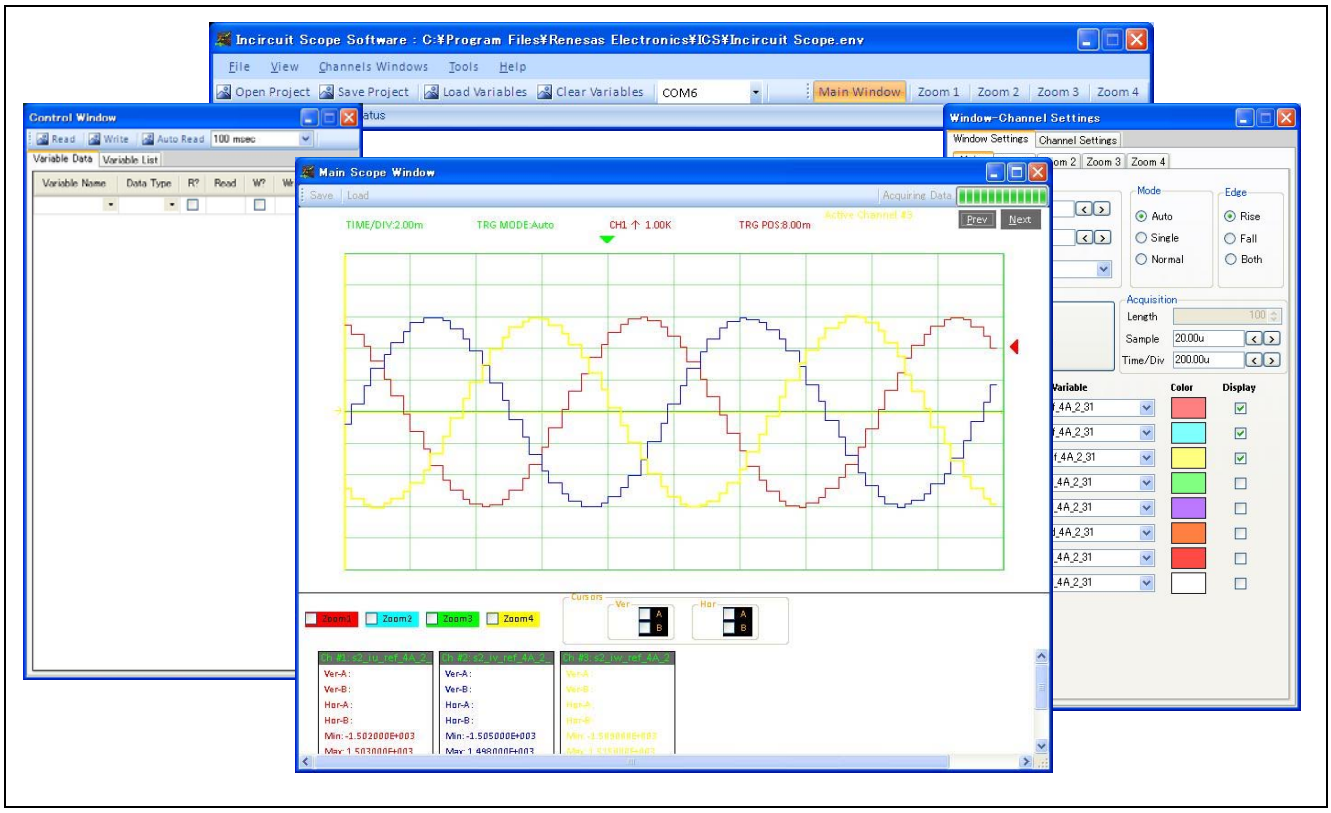


図 4-1 In Circuit Scope 外観

4.2　　ライブラリ使用方法

低電圧版で ICS を使用する場合、ICS に関連する関数を呼び出す必要があります。ICS 関連関数は条件コンパイル(#ifdef--#endif)で設定しています。ICS を使用する場合は下記の通り設定してください。

【ファイル名】mtr_common.h

【変更箇所】下記の宣言を加えてください。

```
#define ICS_USE
```

4.3 ICS 用変数一覧

ICS 用変数の一覧を表 4-1 に示します。なお、これらの変数の値は com_s2_enable_write に g_s2_enable_write と同じ値を書込んだ場合にプロテクト変数へ反映されます。ただし、(*)が付けられた変数は com_s2_enable_write に依存しません。

表 4-1 ICS 用変数一覧(対象ソフト①、②)

変数名	型	内容	備考(【】:プロテクト変数名)
com_s2_sw_userif (*)	int16	ユーザインタフェーススイッチ 0:ICS ユーザインタフェース使用 (デフォルト) 1:ボードユーザインタフェース使用	
com_s2_mode_system(*)	int16	ステート管理 0:ストップモード 1:ランモード 3:リセット	
com_s2_direction	int16	回転方向 0:CW 1:CCW	【g_u1_direction】
com_s2_ref_speed_rpm	int16	速度指令値 (機械角)[rpm]	【g_s2_ref_speed】
com_s2_start_refv	int16	始動時指令電圧[V]	【com_s2_ref_speed】
com_s2_kp_speed	int16	速度 PI 制御比例項ゲイン	【g_s4_kp_speed】
com_s2_ki_speed	int16	速度 PI 制御積分項ゲイン	【g_s4_ki_speed】
com_s2_speed_lpf_k	int16	速度 LPF パラメータ	【g_s2_speed_lpf_k】
com_s2_accel	int16	加速度[rad/s^2]	【g_s2_accel】
com_s2_enable_write	int16	変数書き換え許可	

表 4-2 ICS 用変数一覧(対象ソフト③、④)

変数名	型	内容	備考(【】:プロテクト変数名)
com_s2_sw_userif (*)	int16	ユーザインタフェーススイッチ 0:ICS ユーザインタフェース使用 (デフォルト) 1:ボードユーザインタフェース使用	
com_s2_mode_system(*)	int16	ステート管理 0:ストップモード 1:ランモード 3:リセット	
com_s2_direction	int16	回転方向 0:CW 1:CCW	【g_u1_direction】
com_s2_ref_speed_rpm	int16	速度指令値 (機械角)[rpm]	【g_s2_ref_speed】
com_s2_kp_speed	int16	速度 PI 制御比例項ゲイン	【g_s4_kp_speed】
com_s2_ki_speed	int16	速度 PI 制御積分項ゲイン	【g_s4_ki_speed】
com_s2_speed_lpf_k	int16	速度 LPF パラメータ	【g_s2_speed_lpf_k】
com_s2_accel	int16	加速度[rad/s^2]	【g_s2_accel】
com_s2_ol_start_rpm	int16	起動速度	【g_s2_ol_start_rpm】
com _s2_ol_mode1_change_rpm	int16	モード1切り替え速度	【g_s2_ol_mode1_change_rpm】
com _s2_ol_mode2_change_rpm	int16	モード2切り替え速度	【g_s2_ol_mode2_change_rpm】
com _s2_ol_start_refv	int16	起動電圧	【g_s2_ol_start_refv】
com _s2_ol_mode1_rate_rpm	int16	モード1での速度増加率	【g_s2_ol_mode1_rate_rpm】
com _s2_ol_mode2_rate_refv	int16	モード2での電圧増加率	【g_s2_ol_mode2_rate_refv】
com _s2_ol_mode2_rate_rpm	int16	モード2での速度増加率	【g_s2_ol_mode2_rate_rpm】
com _s2_ol_mode3_rate_refv	int16	モード3での電圧増加率	【g_s2_ol_mode3_rate_refv】
com _s2_ol_mode3_max_refv	int16	モード3での最大電圧	【g_s2_ol_mode3_max_refv】
com_s2_enable_write	int16	変数書き換え許可	

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ
http://japan.renesas.com/

お問合せ先
http://japan.renesas.com/contact/

すべての商標および登録商標は，それぞれの所有者に帰属します。

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	205/03/31	ー	新規発行

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

1. 未使用端子の処理
   【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。
   CMOS製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI周辺のノイズが印加され、LSI内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。
2. 電源投入時の処置
   【注意】電源投入時は，製品の状態は不定です。
   電源投入時には、LSIの内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。
   外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。
   同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。
3. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止
   【注意】リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。
   アドレス領域には、将来の機能拡張用に割り付けられているリザーブアドレス（予約領域）があります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。
4. クロックについて
   【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。
   プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。
   リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子
   （または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。
5. 製品間の相違について
   【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。
   同じグループのマイコンでも型名が違うと、内部ROM、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したものですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
3. 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、
   各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
   標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、
   家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
   高品質水準：輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、
   防災・防犯装置、各種安全装置等
   当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
9. 本資料に記載されている当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担して頂きますのでご了承ください。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。

注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社がその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。
注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注１において定義された当社の開発、製造製品をいいます。

ルネサス エレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

http://www.renesas.com

※営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス株式会社　〒100-0004　千代田区大手町2-6-2（日本ビル）

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：http://japan.renesas.com/contact/

© 2015 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.
Colophon 3.0